

LA RELACIÓN ENTRE LOS NIVELES ARGUMENTATIVOS Y LOS MODELOS
EXPLICATIVOS DEL *CICLO DEL CARBONO* EN ESTUDIANTES DE BÁSICA
SECUNDARIA EN UNA INSTITUCIÓN EDUCATIVA DE ARMENIA.

Ana Milena Toro Campuzano

Universidad Tecnológica de Pereira
Facultad de Ciencias de la Educación
Maestría en Educación

2017

LA RELACIÓN ENTRE LOS NIVELES ARGUMENTATIVOS Y LOS MODELOS
EXPLICATIVOS DEL *CICLO DEL CARBONO* EN ESTUDIANTES DE BÁSICA
SECUNDARIA EN UNA INSTITUCIÓN EDUCATIVA DE ARMENIA.

Ana Milena Toro Campuzano

Asesor

Omar David Álvarez Tamayo

Universidad Tecnológica de Pereira

Facultad de Ciencias de la Educación

Maestría en Educación

2017

*A Dios, porque es fiel,
a mi Juan, a mi Cami y a ti, mi amor.*

Agradecimientos

Son muchas las personas a las que se quiere agradecer cuando se finaliza un proceso como el que llevé a cabo en este proyecto. Primero quiero agradecer a toda mi familia, porque siempre han creído en mí y su apoyo ha sido fundamental para lograr culminar esta etapa.

De manera muy especial quiero agradecer a mi asesor Omar David Álvarez Tamayo, porque sin él no hubiera sido capaz de continuar, me acogió cuando más lo necesitaba, sus orientaciones y acompañamiento en este proceso fueron muy valiosas en mi aprendizaje y se constituyó en un gran ejemplo para mí.

A los miembros de la institución educativa CASD, a la rectora Adela Mogollón Candia y a la coordinadora Lina María Castro, quienes me brindaron los espacios para realizar todas las etapas del proyecto y fueron tan comprensivas. A mis compañeros docentes por su colaboración constante y a mis estudiantes, ellos son el motivo de mi labor.

Finalmente quiero agradecer a mis compañeros de la línea de Ciencias, a Pedro, Germán, Sandra Trejos, Diana, Sandra Melo, Ana Yamilé, José Dauini, Margarita, José Fernando y Adriana, por su amistad y por hacer de cada fin de semana un momento tan alegre. Pero de manera muy especial quiero darle las gracias a Mónica Alexandra y a Sandra Elvira, ustedes me tendieron la mano, me dieron ánimos para seguir, me ayudaron cuando más las necesitaba, me abrieron las puertas de sus hogares y me mostraron que no estaba sola. ¡Dios las bendiga!

Tabla de contenido

1. Problematicación	15
1.1 Antecedentes	15
1.2 El problema.....	21
1.3 Justificación	22
1.4 Objetivos	24
1.4.1 Objetivo general.....	24
1.4.2 Objetivos específicos.	24
2. Referente teórico.....	26
2.1 La enseñanza de las Ciencias	27
2.2 La argumentación.....	32
2.2.1 El modelo de TOULMIN.....	34
2.2.2 La argumentación en la enseñanza de las ciencias.	39
2.3 Modelos.....	42
2.3.1 Los modelos explicativos de la comunidad científica- MEEC.....	44
2.3.3 Modelos explicativos de los estudiantes – MEE.....	45
2.4 Modelos explicativos de la comunidad científica (MECC) del ciclo del carbono	47
2.5 La influencia de los procesos argumentativos en los modelos explicativos	64
3. Metodología	67

3.1. Tipo de estudio.....	67
3.2. Diseño metodológico	68
3.2.1 Momento 1 aplicación del cuestionario único en un momento inicial.	68
3.2.3 Momento 2 intervención didáctica.	69
3.2.3 Momento 3 aplicación del cuestionario único en un momento final.	71
3.3 Unidad de trabajo.....	73
3.4. Unidad de análisis	73
3.5 Plan de análisis.....	74
3.5.1 Categoría MEE sobre el ciclo del carbono.	74
3.5.2 Categoría niveles argumentativos.	76
3.6 Validez	80
4. Análisis y discusión	82
4.1 Momento 1 (Inicial)	83
4.2 Momento 3 (Final)	91
4.3. Análisis comparativo entre los momentos 1 y 3	96
4.3.1 Análisis comparativo de los niveles argumentativos respecto al modelo explicativo M2 (Modelo que aporta elementos conceptuales del ciclo del carbono a corto plazo) en los momentos 1 y 3.....	97
4.3.2 Análisis comparativo de los niveles argumentativos respecto al modelo explicativo M3 (Modelo que aporta elementos conceptuales del ciclo del carbono modificado por acción antrópica) en los momentos 1 y 3.....	103

4.3.3 Análisis comparativo de los niveles argumentativos respecto al modelo explicativo M4 (Modelo que aporta elementos conceptuales integrados, correspondientes a dos de los modelos del ciclo del carbono (M1, M2, M3) en los momentos 1 y 3.	108
4.3.4 Análisis comparativo de los niveles argumentativos respecto al modelo explicativo M5 Modelo que aporta elementos conceptuales integrados, correspondientes a los tres modelos del ciclo del carbono (M1, M2 y M3) en los momentos 1 y 3.	117
4.4 Seguimiento a los 3 estudiantes	130
4.4.1 Seguimiento a Antonia en los momentos 1 (inicial), momento 2 (secuencia didáctica) y momento 3 (final).	131
4.4.2 Seguimiento a Tomás.....	142
4.4.3 Seguimiento a Paulina	153
5. Conclusiones y recomendaciones	166
5.1 Conclusiones generales	166
5.2 Conclusiones particulares	169
5.3 Recomendaciones	172
6. Bibliografía	174
7. Anexos	189

Lista de tablas

Tabla 1. Elementos argumentativos y sus principales características	20
Tabla 2. Tasas de carbono en ciclos a pequeña escala vs flujo de carbono a gran escala.....	3
2	
Tabla 3. Elementos conceptuales de los modelos del ciclo del carbono.....	35
Tabla 4. Relación de los modelos explicativos del ciclo del carbono que se pueden encontrar en los MEE	48
Tabla 5. Rejilla de orientación para ubicar los niveles argumentativos.....	49
Tabla 6. Notación especial para las transcripciones	50
Tabla 7. Estudiantes que combinaron dos de los modelos del ciclo del carbono en el momento 1 (inicial).....	74
Tabla 8. Estudiantes que combinaron dos de los modelos del ciclo del carbono en el momento 3 (final).....	75
Tabla 9. Relación de estudiantes que transformaron su modelo explicativo inicial, a un modelo M5.....	81

Lista de figuras

Figura 1. Estructura didáctica.	16
Figura 2. Esquema de los componentes esenciales de un argumento.	21
Figura 3. Estructura de un argumento complejo.....	21
Figura 4. Modelo Ciclo del carbono de largo plazo.....	33
Figura 5. Modelo ciclo del carbono a corto plazo.....	33
Figura 6. Modelo modificado por acción antrópica.	34
Figura 7. Diseño Metodológico.....	45
Figura 8. Seguimiento de Antonia.....	100
Figura 9. Seguimiento de Tomás.....	109
Figura 10. Seguimiento de Paulina.	118

Lista de gráficas

Gráfica 1. Niveles argumentativos predominantes y modelos explicativos iniciales del ciclo del carbono en el momento 1	55
Gráfica 2. Niveles argumentativos predominantes y modelos explicativos finales del ciclo del carbono en el momento 3	60
Gráfica 3. Niveles argumentativos predominantes en el modelo explicativo ciclo del carbono a corto plazo (M2) en los momentos 1 y 3	65
Gráfica 4. Niveles argumentativos predominantes en el modelo explicativo del ciclo del carbono modificado por acción antrópica (M3) en los momentos 1 y 3.....	70
Gráfica 5. Niveles argumentativos en el modelo explicativo M4 (modelo que integra elementos conceptuales de dos modelos del ciclo del carbono) en los momentos 1 y 3.	73
Gráfica 6. Niveles argumentativos en el modelo explicativo M5 (modelo que relaciona los elementos conceptuales de los tres modelos del ciclo del carbono M1, M2 y M3) en los momentos 1 y 3.....	80

Resumen

El presente trabajo de tipo cualitativo-comprensivo, tuvo como propósito comprender cómo se relacionan la competencia argumentativa y los modelos explicativos que tienen los estudiantes de básica secundaria sobre el ciclo del carbono. Para ello, se aplicó un cuestionario único con preguntas abiertas en un primer momento, donde se analizaron las respuestas y se identificaron tanto los niveles argumentativos como los modelos explicativos iniciales que tuvieron los estudiantes. En un segundo momento, se diseñó y aplicó una secuencia didáctica, la cual desarrolló actividades que promovieron la competencia argumentativa con temas socio-científicos como “24 horas sin combustible fósil” y “la megaminería”. Posteriormente, se aplicó el cuestionario único en un tercer momento, donde se identificaron los modelos explicativos y los niveles argumentativos finales. Después del análisis en los tres momentos, se llegó a la conclusión que estas categorías se relacionaron, de tal manera que, en la medida que los estudiantes incluyeron elementos argumentativos en sus respuestas e intervenciones discursivas, transformaron su lenguaje científico, lo que a su vez les permitió trabajar desde y con su contexto. Por consiguiente, esta investigación logró alcanzar algunos de los objetivos de la didáctica de las Ciencias Naturales, al replantear las prácticas que implicaron la interacción entre el estudiante, el profesor y la ciencia escolar.

Palabras clave: Niveles de argumentación, modelos explicativos, ciclo del carbono, enseñanza de las Ciencias.

Abstract

The purpose of this qualitative-comprehensive research was to understand the relationship between argumentative competence and explaining models in high school students about the carbon cycle. First, a questionnaire with open questions was applied, the answers were analyzed, the initial argumentative levels and the explaining models that students had were identified. Second, a didactic sequence was made and applied to the students, which encouraged argumentative competence with social scientific topics such as: “24 hours without fossil fuel” and “mega mining”. Finally, the questionnaire was applied to the students and the explaining models and final argumentative levels were identified. To conclude, these categories were related due to the fact that students included argumentative elements in their answers and discursive interventions, also they transformed their scientific language meanwhile this allowed them to work from their context. Consequently, this research achieved the goals of Natural science’s didactics, by reformulating the practices that implied the interaction among students, teachers and school science.

Key words: Argumentation levels, explaining models, carbon cycle, teaching of science

Introducción

Para dar solución a algunos de los obstáculos que presenta la educación, se viene trabajando en torno a dar un cambio significativo a las prácticas educativas. Algunos estudios buscan reconocer los modelos que tienen los estudiantes sobre temas científicos, otros se han ocupado de identificar las competencias que ayudan en la comprensión de los modelos utilizados por las comunidades científicas. Así pues, se ha encontrado que la competencia argumentativa es fundamental en los procesos de enseñanza y aprendizaje, ya que permite al estudiante no sólo mostrar sus capacidades para explicar los modelos, sino también cómo utilizarlos en contexto.

Lo anterior, ha llevado a que el presente trabajo busque comprender la relación entre los niveles argumentativos y los modelos explicativos de los estudiantes. Así, para dar soporte a los ejes tratados se inicia con los antecedentes de algunos trabajos, los cuales evidencian la importancia de reconocer los *modelos explicativos de los estudiantes* frente a los conceptos relacionados con Ciencias Naturales, al igual que enseñarles *a argumentar*. Esto, permitió la fundamentación del problema y se generó la pregunta: ¿Cómo se relacionan los niveles argumentativos con los modelos explicativos del ciclo del carbono en estudiantes de básica secundaria? Por lo tanto, se plantearon unos objetivos que buscaron dar respuesta a dicha pregunta.

Después, se encuentra la metodología que definió el tipo de estudio que enmarcó la investigación, el diseño metodológico, la unidad de trabajo, la unidad de análisis y finalmente se hace referencia a la manera como se dio validez a la investigación. Luego, para orientar la

investigación, se encuentra un fundamento teórico estructurado en torno a varios ejes temáticos, entre ellos la argumentación, los modelos y la relación entre estos.

Por último, están los resultados obtenidos en los tres momentos de la investigación y sus respectivos análisis, las conclusiones a las que se llegó, entre ellas que a medida que los estudiantes incorporaron elementos argumentativos en sus argumentos y en su discurso, se hizo evidente la transformación en sus modelos explicativos. Para finalizar, están las implicaciones que tuvo el trabajo para posteriores investigaciones.

Problematización

En este capítulo se encuentran comprendidos varios aspectos, los cuales muestran la fundamentación del problema, la pregunta y los objetivos de la presente investigación. Para dar soporte a los ejes tratados se inicia con los antecedentes de algunos trabajos, los cuales evidencian la importancia de reconocer los *modelos explicativos de los estudiantes* frente a los conceptos relacionados con Ciencias Naturales. Se habla también de la importancia que tiene *enseñar a argumentar* a los estudiantes. De igual manera, se muestran trabajos sobre la importancia de *La argumentación en el área de Ciencias Naturales*. Para cada componente se citarán publicaciones relacionadas con la Biología, la Química, la Física y la Educación Ambiental (EA), puesto que el ambiente es tenido en cuenta como un conjunto de elementos que integran las tres disciplinas (Giannuzzo, 2010)

1.1 Antecedentes

Para empezar, la enseñanza de las Ciencias Naturales ha reconocido a lo largo de la historia la importancia que tiene el generar estrategias que permitan promover el aprendizaje en los estudiantes. De igual manera, se da especial reconocimiento a los modelos explicativos sobre conceptos científicos y la relación que algunos autores han dado a la argumentación en dichos procesos. Así, desde el 2002 hasta el 2017 se han identificado algunos trabajos que dan muestra de estas estrategias (Moreira, Greca y Palmero 2002 “Modelos mentales y modelos conceptuales

en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias”; Gaviria, 2006 “Evolución de los modelos explicativos de la fotosíntesis a través de las representaciones externas”; Melillán, Cañal y Vega 2006, “Las concepciones de los estudiantes sobre la fotosíntesis y la respiración: una revisión sobre la investigación didáctica en el campo de la enseñanza y el aprendizaje de la nutrición de las plantas”; Capuano, Dima, Botta, Follari, De la Fuente, Gutiérrez y Perrotta, 2007 “Una experiencia de aula para la enseñanza del concepto de modelo atómico en 8”; Cardona y Tamayo, 2009 “Modelos de argumentación en ciencias: una aplicación a la genética”; Puig, 2010 “Argumentación y evaluación de explicaciones, causales en ciencias: el caso de la inteligencia”; Álvarez, 2011 “Incidencia de las representaciones múltiples en la formación del concepto *transporte celular* en estudiantes universitarios”; García y Lima de Oliveira, 2012 “Sobre el cambio climático y el cambio de los modelos de pensamiento de los alumnos”; Dauer, Miller y Anderson, 2013 “Students’ inquiry and argumentation about carbon transforming processes”; Trillo, 2013 “Fundamentos conceptuales y didácticos: La tierra como sistema. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra”; Orrego, López y Tamayo, 2013 “Evolución de los modelos explicativos de fagocitosis en estudiantes universitarios”; Pinzón, 2014 “Aportes de la argumentación en la constitución de pensamiento crítico en el dominio específico de la química”; Garófalo, Alonso, y Galagovsky, 2014; “Nueva propuesta teórica sobre obstáculos epistemológicos de aprendizaje, el caso del metabolismo de los carbohidratos”; Rojas, 2016 “Modelos de argumentación en el aprendizaje de la transmisión del impulso nervioso”; Zapata, 2016 “Enseñanza de la argumentación en la clase de Ciencias: diseño de una secuencia didáctica para estudiantes de quinto de básica primaria sobre el concepto germinación de semillas”; García, 2016 “Aprendizaje

basado en problemas y argumentación, herramientas para promover cambios en los modelos explicativos sobre el infarto agudo del miocardio”; Pájaro y Trejos, 2017 “Desarrollo de la competencia argumentativa y su relación con los modelos explicativos del concepto de tejido muscular en el aula de séptimo grado”).

Teniendo en cuenta estos antecedentes, se evidencia que es amplia la literatura que existe en torno a estas temáticas. Así, se logran definir algunas conclusiones que son de carácter relevante para determinar la importancia de los modelos explicativos y la argumentación en la enseñanza de las Ciencias Naturales. Para iniciar, es necesario realizar con los estudiantes una identificación de los modelos que estos tienen, para ello se toman como referencia los conceptos previos también llamados modelos iniciales o representaciones que hacen de los conceptos científicos. Esto, es básico para determinar la ruta que establece el maestro en conseguir estrategias didácticas que permitan a los estudiantes aproximarse a las nuevas ideas con sus propias herramientas.

Ahora bien, para lograr que el estudiante tenga una aproximación al modelo de la comunidad científica, el maestro debe tener clara la manera como dichos modelos han cambiado a lo largo de la historia. Por tal motivo, en los trabajos expuestos se nota como el docente debe hacer un recorrido histórico y epistemológico del concepto a trabajar. Por consiguiente, se tiene otro punto que es básico en el trabajo con los modelos y son las estrategias que se usarán en el aula para trabajar el concepto.

Los autores coinciden en la gran importancia que tienen las estrategias didácticas a utilizar en el proceso de enseñanza – aprendizaje, las cuales son llamadas intervenciones didácticas, que

pueden ir desde una secuencia hasta una unidad didáctica. Estas, deben contener actividades intencionadas que generen interés en los estudiantes, que permitan tener un intercambio de ideas, que formulen hipótesis y que indaguen en medio de situaciones problemáticas. Lo anterior, con el fin que logren una mayor participación y que a la vez tomen conciencia de la necesidad del uso de modelos en la ciencia desde tempranas etapas de escolaridad, constituyéndose así en una herramienta básica tanto en el proceso de comprensión como en el de predicción de fenómenos naturales. En consecuencia, permitirá que los estudiantes reflexionen sobre los procesos implicados.

Otro aspecto importante a tener en cuenta es la verificación de la estrategia aplicada, donde se logra identificar si influyó favorablemente o no en la comprensión de los diferentes conceptos. De esta manera, se logran caracterizar varios aspectos que están implícitos en la valoración de la estrategia didáctica como son: determinar los obstáculos epistemológicos detectados en el aprendizaje de los estudiantes, la evolución conceptual que estos muestren, la alfabetización científica y ambiental que tuvieron, los modelos argumentativos que utilizaron para finalmente lograr establecer si se relacionan la argumentación y los modelos explicativos.

Como conclusión, se reconoce la relación que tienen los modelos explicativos de los estudiantes con los de la ciencia y su incidencia en la dinámica de enseñanza – aprendizaje. Por lo tanto, se deben identificar en todo momento las analogías estructurales que tienen los actores educativos (maestro – estudiante), dado que el proceso de enseñar y aprender modelos explicativos científicos se hace a través de los propios modelos que cada uno de estos tienen (Moreira et al., 2002).

Por otro lado, el campo de las Ciencias Naturales ha comprobado que la argumentación es una competencia que permite a las personas tomar posturas frente a situaciones de la vida diaria. Sin embargo, cuando se habla de *enseñar a argumentar*, son algunos los autores que se han ocupado de la relevancia que tiene fomentar en el aula la argumentación.

Es así, como (Chamizo, 2007; Henao y Stipcich 2008; Mejía, Abril, y Martínez, 2013; Ruiz, Márquez y Tamayo, 2014; 2015; Pinzón, 2014) coinciden en varios aspectos, entre ellos la necesidad de cambiar las prácticas de enseñanza tradicionales, donde se destaquen aspectos didácticos y conceptuales. Además, resaltan que es elemental propiciar trabajo en el aula por pequeños grupos, donde se den espacios de discusión como los debates. Por tanto, se generará un cambio en la visión que se tiene de la argumentación, pasando de ser informativa a ser utilizada por los estudiantes con la intención de defender sus teorías o hipótesis en situaciones reales y así, ejercitar su capacidad de persuadir y convencer.

En consecuencia, para enseñar a argumentar se hace necesario que se motive a los estudiantes en la reflexión sobre sus propios procesos de aprendizaje y sobre la forma en que estructuran sus conocimientos. Así, la perspectiva de Toulmin es tomada en cuenta como posible respuesta a las demandas y desafíos contemporáneos para la enseñanza de las Ciencias Experimentales. Por ello, se ha hecho fundamental el modelo Toulminiano, puesto que todos en algún momento hemos tenido la necesidad de defender exitosamente una idea, lograr refutar las ideas de otro y de esta manera desarrollar con éxito la competencia argumentativa.

Ahora bien, cuando se refiere de forma particular a *La argumentación en el área de Ciencias Naturales* es esencial resaltar los aportes de (Campaner y De Longhi, 2007; Maguregi, Jiménez-

Aleixandre y Uskola, 2009; Solbes, Ruiz y Furió, 2010; Betancourth y Ortiz, 2012; De Longhi, Ferreyra, Peme, Bermúdez, Quse, Martínez y Campaner, 2012; Dauer, Miller y Anderson, 2013; Ruiz, Tamayo y Márquez 2013a; 2013b; 2014; 2015; Sánchez, Castaño y Tamayo, 2015; Karisan y Topcu, 2016). Estos autores, señalan que el lenguaje condiciona las oportunidades de aprendizaje mediante temas que son polémicos, atractivos y significativos para los estudiantes con el fin de abordarlos desde una problemática actual con fuerte implicancia socio ambiental. Además, destacan que los espacios donde se generen confrontación, discusión y persuasión como son el juego de roles y los debates, resultan ser positivos para que los estudiantes fundamenten sus razones científicamente. Estos, permiten que los estudiantes que generalmente son más pasivos en el aula, hagan una participación activa en dichos escenarios.

Por consiguiente, la argumentación en el aula de Ciencias Naturales resulta propicia para la toma de decisiones frente a las diferentes problemáticas ambientales, tales como determinar la fuente de energía para el sistema de calefacción de un edificio, procesos que causen el cambio climático global y efectos del cambio climático en la Tierra (Maguregi et al., 2009; Dauer et al., 2013; Karisan et al., 2016). Dichos autores destacaron que, para persuadir a sus compañeros los estudiantes debían mostrar dominio específico del tema (estar alfabetizados ambientalmente), mostrar un alto número de argumentos justificados, hacer lectura crítica, realizar escritos que muestren la competencia argumentativa, además de las diversas estrategias para convencer.

Para concluir, estos aportes muestran como la forma de contribuir en la fundamentación que se hace del adecuado uso de lenguaje científico y la postura ante un tema científico son determinantes para generar argumentación escolar.

1.2 El problema

Al tener en cuenta los trabajos realizados en torno a los modelos explicativos y a la argumentación, surgen entonces inquietudes que llevan a reconocer la gran brecha existente entre los propósitos de los estándares, los lineamientos curriculares y la realidad en el aula en torno a estos temas. Por tal motivo, los expertos en didáctica han logrado identificar que esta brecha ha significado uno de los obstáculos en el aprendizaje de los conceptos relacionados con las Ciencias Naturales (Orrego et al., 2013). De esta manera, en Colombia la competencia argumentativa empieza a tomar cierta relevancia y aumenta la preocupación al analizar los resultados que ha tenido el país en pruebas externas como lo es la prueba internacional PISA (Betancourth y Ortiz, 2011).

En las prácticas educativas se ha evidenciado la falta de formación para desarrollar competencias argumentativas, a causa de que a menudo se confunden con otras competencias como la explicación (Berland y McNeill, 2012). Partiendo de que la argumentación y la explicación son prácticas científicas distintas que a menudo son tratadas como una unidad en la educación científica, algunos autores como Ruiz et al. (2013b) muestran el por qué se hacen necesarios los espacios discursivos, con preguntas orientadoras que promuevan la argumentación como una práctica social.

En consecuencia, muchos profesionales de la educación han hecho cambios en sus prácticas donde resaltan la importancia de la argumentación con respecto a las metas de la alfabetización

científica o de la sociedad tecnológico -científica (Erduran, Ozdem y Park, 2015). Por esto, al realizar actividades en el aula donde los estudiantes no sólo respondan preguntas cerradas, sino que tengan la oportunidad de discutir con sus pares se convierte en un aporte fundamental. De manera que, se logre comprender tanto la forma como los estudiantes tienen estructurado su pensamiento en lo que se refiere a los diferentes fenómenos naturales como los elementos argumentativos que muestran en su actividad dialógica (Mohan y Anderson, 2009).

Dicho de otra manera, hay muchos trabajos que nos permiten tener una mirada tanto de la argumentación y su papel en la enseñanza de las ciencias como de la importancia de conocer los modelos explicativos que tienen los diferentes actores de los procesos de enseñanza – aprendizaje. Sin embargo, como pocos trabajos muestran las relaciones que se dan entre estos dos componentes, surge así la siguiente pregunta:

¿Cómo se relacionan los niveles argumentativos con los modelos explicativos del ciclo del carbono en estudiantes de básica secundaria?

1.3 Justificación

Los estudios en didáctica de las Ciencias Naturales han demostrado como cada vez se hacen necesarios los espacios de discusión en el aula sobre los diferentes fenómenos científicos. Así, comprender la forma cómo los estudiantes argumentan ha ocupado a un gran número de autores, los cuales reconocen que el lenguaje y la comunicación son fundamentales para aprender y promover conocimiento científico. De igual manera, se encuentran los trabajos de autores que se

han dedicado a identificar la manera en que son puestos en escena los modelos explicativos que tienen los participantes del proceso de enseñanza – aprendizaje.

Por un lado, la argumentación según Ruiz (2012) se ha asumido como una práctica social que permite la construcción de ciencia a través de interacciones dialógicas. Estas, deben ser propiciadas por el maestro, quien reconoce que la argumentación es una competencia que debe asumirse en los procesos de enseñanza y aprendizaje, permitiendo a su vez la construcción de ciencia y el desarrollo de habilidades sociales. Así, al promover actividades que permitan el diálogo de teorías y de fenómenos observables, se logran cambios en las representaciones y por ende en los modelos explicativos de los estudiantes.

Por otro lado, se tiene que los modelos han sido utilizados por las comunidades científicas para explicar los fenómenos que ocurren a nuestro alrededor. La didáctica de las Ciencias Naturales se ha ocupado de poner en contexto los modelos de dichas comunidades con los modelos que presentan los estudiantes. Sin embargo, no basta con identificar las representaciones que hacen los estudiantes o los modelos explicativos que estos tienen, sino, lograr que, a través de estrategias de enseñanza diseñadas por el maestro, estos modelos presenten cambios que tiendan a estar más cerca de los modelos explicativos de la comunidad científica.

De tal manera, promover la argumentación se convierte en una de las oportunidades más importantes para que los estudiantes mejoren su aprendizaje en Ciencias Naturales. Esta competencia como apoyo o refutación de una afirmación, utiliza pruebas relacionadas con el razonamiento basadas en principios científicos. Así, el aula de clase se convierte en el espacio donde se llevan a cabo actividades como debates, juegos de roles, discusiones, exposiciones,

entre otros, que promuevan e incentiven a los estudiantes a desarrollar mediante la argumentación esa actividad discursiva, verbal, inteligente, crítica y cognitiva.

En consecuencia, los conducirá a generar un pensamiento crítico donde se espera que los estudiantes asuman posturas bien fundamentadas, donde el diálogo de saberes analice la realidad y a la vez se agregue la alfabetización científica fundamental para construir sus propios modelos explicativos.

Por todo lo anterior, el presente trabajo tiene como finalidad promover actividades que hagan de la argumentación un elemento indispensable que ayude a exponer puntos de vista, criticarlos y evaluarlos con base en conocimientos. Además, a través de las representaciones externas de los estudiantes (respuestas escritas y transcripciones de los debates), se buscará comprender como la argumentación ofrece los elementos fundamentales para disminuir la distancia que hay entre los modelos explicativos de las comunidades científicas y aquellos que tienen los estudiantes.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general.

Comprender la relación entre los niveles argumentativos y los modelos explicativos del ciclo del carbono en estudiantes de básica secundaria.

1.4.2 Objetivos específicos.

- Identificar los niveles de argumentación y los modelos explicativos iniciales del ciclo del carbono en los estudiantes.
- Diseñar y aplicar una secuencia didáctica que promueva espacios discursivos en el aula en torno al ciclo del carbono.
- Analizar los cambios tanto en los modelos explicativos de los estudiantes, como en la estructura de sus argumentos.

2. Referente teórico

En el presente capítulo se describe el fundamento teórico que orienta esta investigación, el cual se ha estructurado en torno a varios temas. Para empezar, se aborda *la enseñanza de las ciencias*, desde la perspectiva de varios autores como (Ruiz, Sánchez, Jaramillo y Tamayo, 2005; Ruiz, 2007; Márquez y Roca 2009; Sanmartí, 2000; Duschl y Osborne, 2002; Cardona y Tamayo, 2009; Tamayo, Vasco, Suárez, Quiceno, García y Giraldo, 2011; Orrego, Tamayo y Ruiz, 2016), autores que muestran nuevas formas de enseñanza que difieren de la tradicional. Luego, se hace un recorrido histórico de la *argumentación* donde se hace referencia a los principales exponentes y sus aportes, haciendo énfasis en el modelo de Toulmin. Además, teniendo en cuenta la influencia que dicho modelo de argumentación ha mostrado en varios campos, específicamente en el de la educación se indica el papel que desempeña *la argumentación en la enseñanza de las ciencias*. En tercer lugar, se encuentran los *modelos* que se trabajan en el proceso de enseñanza–aprendizaje, tanto los modelos explicativos de los estudiantes como los modelos explicativos de la comunidad científica, los cuales son fundamentales para estructurar las intervenciones didácticas en el aula. Cuarto, se realiza una aproximación a los *modelos explicativos de la comunidad científica sobre el ciclo del carbono*, ya que este es el concepto que se aborda en este trabajo. Finalmente, se hace un acercamiento a *la influencia que han tenido los procesos argumentativos en los modelos explicativos* para enmarcar la relación que estos componentes presentan en los procesos de enseñanza - aprendizaje en las clases de Ciencias Naturales.

2.1 La enseñanza de las Ciencias

En las últimas décadas uno de los temas que ha ocupado a la comunidad académica en lo que se refiere a didáctica, son los modelos de enseñanza de las ciencias. Por una parte, para varios autores la enseñanza ha dejado de ser el eje central. Sin embargo, en estudios adelantados por ellos, han mostrado que uno de los modelos didácticos que tiene vigencia hoy día en las aulas de ciencias, es el modelo de transmisión – recepción (Ruiz et al., 2005; Ruiz, 2007). Dichos autores plantean las características de este modelo y el porqué debe hacerse un replanteamiento del mismo en las prácticas de enseñanza-aprendizaje en Ciencias Naturales.

En lo que se refiere a este modelo de enseñanza, se sabe, es una actividad de transmisión unidireccional basada en conocimientos cerrados y definitivos (Ruiz et al., 2005). Se caracteriza por desconocer la experiencia del estudiante, centrarse en los contenidos, los cuales son abordados de forma rápida. Hace uso en múltiples ocasiones de un texto guía y, en consecuencia, convierte al educando en un sujeto receptor. Además, el estudiante se limita a seguir la lógica del discurso científico enunciado por el profesor, quien es visto como el poseedor del saber, se niega así cualquier posibilidad de ver la educación como un proceso de intercambio cultural (Ruiz et al., 2005). Esto, toda vez que quiere perpetuarse el conocimiento científico, el cual es acumulado y evita el proceso de construcción conceptual. De otro lado, no tiene en cuenta los intereses, el afecto entre los sujetos, la familia, entre muchos otros factores que hacen parte de la construcción del conocimiento (Ruiz, 2007).

Ahora bien, en busca de optar por otras alternativas diversas al modelo tradicional, se indagó sobre múltiples trabajos que dan una mirada diferente a los procesos didácticos en Ciencias Naturales. Algunos autores, como Ruiz (2007), Cardona y Tamayo (2009); Tamayo et al. (2011), Orrego et al. (2016) coinciden en el papel que desempeña el docente para que dichos cambios se logren dar. Para comenzar, el docente debe reflejar en su ejercicio educativo las acciones de pensamiento que lo caracterizan. Por ejemplo, debe estar convencido de que su actitud innovadora y creativa está dada al cambio, donde él no es el eje central, sino que es la educación una oportunidad para hacer que los estudiantes trabajen desde y con su contexto (Ruiz, 2007). Así, el estudiante se convierte en el actor fundamental en todo este proceso, puesto que es un sujeto activo con una historia, la cual juega un papel dinámico en el proceso de aprendizaje (Tamayo et al., 2011).

Otro punto importante a tener en cuenta son los modelos explicativos iniciales de los estudiantes sobre los diferentes conceptos, para lo cual es necesario identificar los obstáculos que los educandos pueden presentar y con esta información establecer una planeación o intervención didáctica (Tamayo, 2013). Es entonces como comienza el proceso de transformación dejando de lado el modelo de transmisión recepción y se puede dar paso a la construcción de conocimiento (Mora, 2002; Ruiz et al., 2005; Ruiz, 2007; Orrego et al., 2013; Tamayo et al., 2011).

Vale la pena decir que son entonces estos factores los que permiten dar una mirada diferente a la enseñanza de las ciencias, pues se incluye una perspectiva constructivista y evolutiva. Hay que destacar la necesidad de ubicar la temática científica que se va a enseñar y de la cual se debe

tener un conocimiento histórico. Luego, se debe analizar tanto la evolución que dicha temática ha tenido a lo largo del tiempo como su incidencia en el desarrollo social (Tamayo et al., 2011).

Por consiguiente, Ruiz (2007) sugiere que los docentes de ciencias deben implementar en sus prácticas educativas modelos que partan del constructivismo. Estos, deben ser basados en el conocimiento científico, los cuales reconocen una estructura interna para que sea el soporte básico de la secuenciación de contenidos. Además, permiten construir conocimiento, aplicar problemas para la enseñanza de las ciencias y llevar al estudiante a que se acerque a situaciones similares a las de los científicos. Esto con el fin de dar una mirada más cercana a la realidad que vive.

Cabe resaltar, que uno de los principales objetivos de estos modelos es mostrar al estudiante que la construcción de ciencia ha sido producto de las actividades sociales, donde los científicos a su vez son seres sociales. De igual manera, se da vital importancia a la construcción de modelos para explicar hechos, los cuales pueden presentar cambios en medio del proceso. Es entonces en este aspecto donde el estudiante finalmente es el responsable del aprendizaje, visto que es quien da nuevos significados a los conceptos y a las teorías estudiadas (Ruiz et al., 2005).

Así mismo, el docente al promover momentos en los cuales el conocimiento es flexible, se desarrollan también diversos factores multimodales. Estos, son imprescindibles al momento de reconocer las actitudes de los estudiantes mediante la propiciación de contextos que permiten analizar situaciones problema (Ruiz, 2007). En consecuencia, aparece un nuevo desafío para los procesos de enseñanza a los que se enfrentan los profesores sobre el conocimiento y el aprendizaje en la educación. Por ejemplo, Duchl y Osborne (2002) muestran una concepción de

aprendizaje con variaciones desde la cognición social (interacción con otros) hasta la cognición distribuida (aquella donde se hace parte de una comunidad, más que de una actividad individual).

Por lo anterior, vale la pena decir que el profesor debe propiciar espacios donde se tiendan a desarrollar no solo procesos de pensamiento sino también la formación de actitudes y de valores (Ruiz, 2007). De igual manera, son primordiales el uso de métodos que impliquen razonar, argumentar, experimentar, utilizar la información científica y comunicar para, finalmente, promover una apropiación del lenguaje científico. Es así como Sanmartí (1996), menciona que dicho lenguaje es indispensable en la comunicación tanto en ambientes cotidianos como en contextos académicos.

En otras palabras, estos procesos de enseñanza – aprendizaje constituyen una manera continua de comunicación, donde los estudiantes y los profesores comparten significados, los cuales parten de un fenómeno. Donde se elaboran las propias explicaciones desde un punto de vista propio, de manera que lo que cada uno aprende en dicho proceso, en parte puede ser único y en parte compartido (Sanmartí, 1996; Márquez y Roca, 2009). En resumen, para comprender mejor las interacciones que se deben dar en el aula entre: estudiante – profesor y estudiante – estudiante, promoverán un cambio en los modelos de enseñanza, pasando de modelos tradicionales a modelos constructivistas. El siguiente esquema es adaptado de la propuesta de Sanmartí (2000).

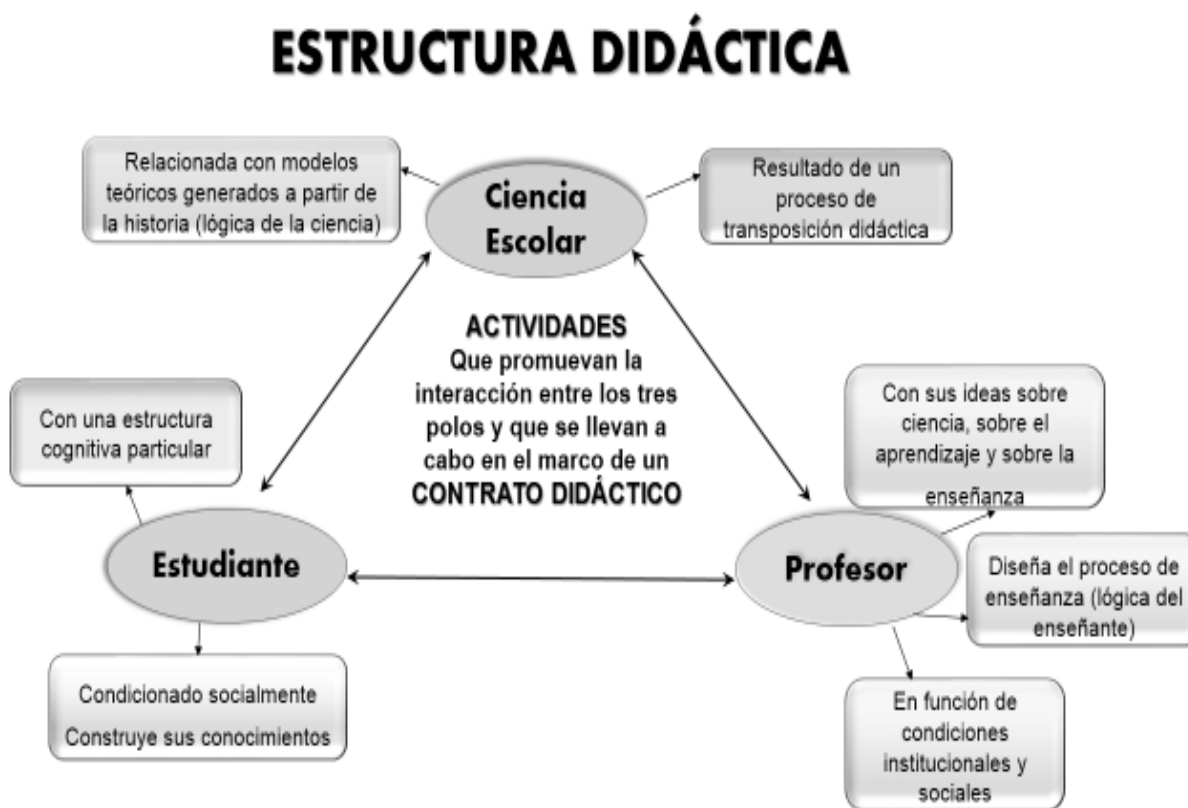


Figura 1. Estructura didáctica¹

En la figura anterior se muestra que el proceso de enseñanza aprendizaje se da entre el docente, el estudiante y la ciencia escolar como resultado de la transposición didáctica. Esta, busca construir modelos que aunque relacionados con modelos científicos, incluyen conceptos y formas de lenguaje diferentes (Sanmartí, 2000). Por lo tanto, si el docente parte del

¹ La Estructura didáctica está basada en: *El diseño de unidades didácticas de Sanmartí, (2000)*

conocimiento amplio que tiene acerca de los modelos explicativos de la comunidad científica (modelos teóricos), podrá generar una dinámica fluida con los estudiantes, incrementando así las posibilidades de que tengan una apropiación de los mismos (Candela, 1991). En consecuencia, podrá darse la estrecha relación que determina el contrato didáctico del aula de Ciencias Naturales.

2.2 La argumentación

La argumentación es una actividad que ha sido utilizada para declarar, cuestionar o negar algo. A través de la historia han sido varios los exponentes que la han abordado desde diferentes posturas como la filosofía, la lingüística, la psicología y las ciencias de la educación. A continuación, se hace un recorrido histórico para tener una noción más clara sobre los cambios que ha tenido la argumentación desde sus inicios hasta la actualidad.

Para iniciar encontramos la argumentación clásica donde hubo varios exponentes. Algunos de ellos dieron uso negativo a la argumentación, dado que fue utilizada para imponer la opinión propia sobre el adversario (Cano, 2010). Fue entonces hasta Aristóteles (384-322 a. C), considerado el padre de todas las cosas, que dicha dinámica cambió. La reflexión sobre la argumentación se encontró fundamentada en una forma de diálogo razonado, conducido según unas reglas precisas. Se arbitra de esta forma el debate; preguntas y respuestas se suceden en un orden estricto, donde además se desarrollan las relaciones sociales (Plantin, 1996).

Hacia el siglo XIX la retórica se tornó como el fundamento del pensamiento científico, pasó de un razonamiento informal a un razonamiento práctico. Y fueron estas razones las que

direccionaron el diseño de esquemas o modelos teóricos que a su vez generaron la capacidad de persuadir y debatir, al tiempo que advirtieron intercambios para abarcar demostraciones científicas (Plantín, 1996).

Luego, en el siglo XX la lingüística y la filosofía dan diferentes miradas a la argumentación. Plantín (2012) y Cano (2010) hacen un recorrido a las posturas de cada uno de los exponentes de la lingüística, entre los que cabe mencionar a: Anscombe y Ducrot (1983), Anscombe (1995), Van Eemeren y Grootendorst (1992; 1996), Van Dijk (2001), Garavelli (1991) y Lo Cascio (1998). Cada uno de estos autores proporciona a esta rama de la argumentación un estilo que, finalmente, converge en las diferentes relaciones que se presentan entre la pragmática, la lógica y la retórica. Así pues, la argumentación desarrolla estudios sistemáticos de los enunciados.

Ahora bien, la línea filosófica de la argumentación también muestra el surgimiento de los principales impulsores del movimiento de la lógica informal, lo cual significó una ruptura definitiva con la tradición aristotélica (Cano, 2010; Pinochet, 2015). En consecuencia, se desplazó el interés hacia la retórica, el lenguaje natural y la argumentación dialógica, donde filósofos como Toulmin (1958), Perelman junto a Olbrechts-Tyteca (1958), Habermas (1981) y Plantín (1990), dieron origen a la teoría moderna de la argumentación (Cano, 2010). Estos autores en especial, concebían la argumentación como una forma particular de actividad comunicativa (Santibañez, 2013).

Hacia finales del siglo XX se presentan varias perspectivas, entre ellas la propuesta por Toulmin (1993), en la cual se plantea una revisión de la argumentación como una teoría del

razonamiento práctico, y la proveniente de la lingüística textual, representada por los modelos de Van Dijk (1978) y Adam (1992), quienes analizan las unidades comunicativas más allá de los límites de las oraciones gramaticales (Sardá y Sanmartí, 2000). En el siglo XXI autores como Van Eemeren, Grootendorst, Johnson, Plantin, y Willard (2013), resaltan que el lenguaje es indispensable para que haya argumentación. Por consiguiente, puede estar acompañada por el uso de medios no verbales de la comunicación, como la expresión facial y los gestos.

La argumentación es, además, tomada en cuenta como una actividad social, la cual es más evidente cuando se expone a los demás los pros y contras de sus propias ideas anticipándose a la reacción de estos. Así, cuando las personas presentan sus argumentos tratan de responder a las reacciones de los demás, ya que las emociones desempeñan un papel en la adopción de una posición y estas a su vez son asimiladas en el discurso (Van Eemeren et al., 2013).

Con todo lo anterior, es notoria la evolución que ha tenido la argumentación y el papel que ha desempeñado en los diferentes campos del saber a lo largo del tiempo. En un principio se hacía evidente durante la época presocrática y socrática su incursión en la filosofía clásica. Luego, con el paso de los siglos y hasta la actualidad ha incurrido en la lingüística, en la filosofía, en la psicología y en las ciencias de la educación (Cano, 2010). Para este último campo, son varios modelos argumentativos los que han hecho aportes a las ciencias de la educación. Sin embargo, para este caso en particular el modelo de Toulmin (2007) será el que se analice, por la adaptación que ha tenido en la práctica escolar.

2.2.1 El modelo de TOULMIN.

Como ya se mencionó anteriormente uno de los principales exponentes de la argumentación dialógica fue Toulmin (1958). Con su obra *The uses of argument*, generó un fenómeno que se ha denominado “el modelo de Toulmin”, el cual ha hecho implicaciones en diversos campos. No obstante, hay diferentes formas de argumentar según el campo del saber en el que se construye el argumento (las ciencias, las matemáticas, el derecho, la ética). Por este motivo, el mismo Toulmin se considera a sí mismo, un historiador de la cultura en la cual se encuentra la educación (Chamizo, 2007).

La propuesta Toulminiana define la argumentación como un proceso que permite la construcción social y la negociación de significados. A través de la dinámica del diálogo se mantiene una aseveración, una conclusión o un punto de vista. Además, se deben exponer razones para enfrentar objeciones acerca de la relevancia de éstas y tal vez modificar esta aseveración o tesis inicial (Henao, 2010).

Por tanto, Toulmin (2007) propone unos patrones para determinar la validez de los argumentos a través de unos elementos argumentativos, que dan al argumento una connotación de sencillo o complejo. En la **Tabla 1**, se muestran los elementos argumentativos con sus características definidas por Toulmin (2007), Ruiz (2012) y Pinochet (2015).

Tabla 1

Elementos argumentativos y sus principales características

<i>Elemento argumentativo</i>	<i>Características</i>
<i>Dato</i>	Elementos justificatorios o hechos que se dan

	como base de la afirmación realizada.
<i>Conclusión</i>	Afirmación o tesis que se establece
<i>Garantía</i>	Justificación o razones que se proponen de manera implícita para dar validez al vínculo entre los datos y la conclusión. Son además enunciados hipotéticos que funcionan a manera de puente.
<i>Cualificador modal</i>	Es aquel que matiza la afirmación y consolida el alcance que tienen las garantías para afianzar el vínculo entre datos y conclusión. Algunos cualificadores modales son expresiones como: siempre, a veces, probablemente, sin embargo, entre otros.
<i>Refutación</i>	Condiciones de excepción o restricción bajo las cuales la conclusión pierde validez. Pueden ser comentarios implícitos sobre la justificación que se alejan de la tesis. Por tal motivo pueden hacer descartar o rechazar la conclusión justificada.
<i>Respaldo teórico</i>	Enunciados categóricos certeros que dan sustento, fundamento, apoyo, autoridad y vigencia a las garantías.

Nota: Elaboración propia. Basado en Toulmin (2007), Ruiz (2012) y Pinochet (2015).

Son entonces tres los componentes básicos: datos (D), conclusiones (C) y garantías (G), (Ver figura 2), los cuales permiten argumentos sencillos. En el caso de incluir otros elementos argumentativos, tales como cualificadores modales (M), respaldo teórico (R), y las refutaciones o excepciones (E) el argumento será más complejo (ver figura 3).

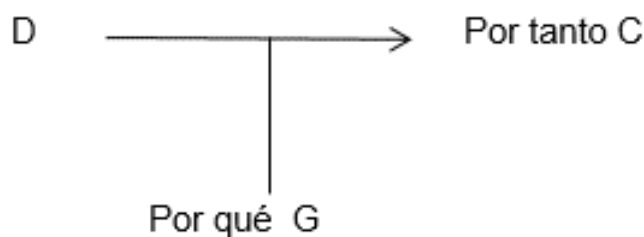


Figura 2 Esquema de los componentes esenciales de un argumento²

Vemos entonces como los datos (D) dan apoyo a una tesis (C) por medio de las garantías (G), las cuales son la base justificatoria del argumento. De esta manera **G** da cuenta del paso **C** hacia **D**, haciéndolo adecuado y legítimo (Pinochet, 2015).

² Tomado de Los usos de la argumentación, Toulmin (2007), p.135

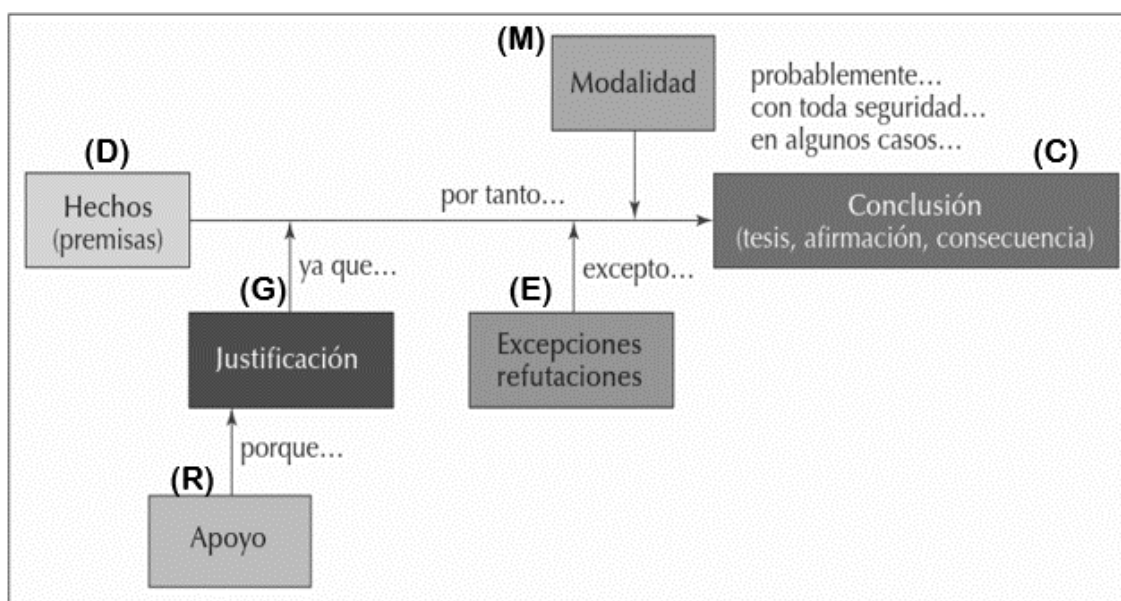


Figura 3 Estructura de un argumento complejo³

Esta estructura del argumento es lo que Toulmin (2007, p.141) representa como el discurso que muestra mayor solidez, puesto que parte de unos datos (D), los cuales dan fundamento para llegar a una conclusión (C) que está avalada por una justificación (G). Sin embargo, cuando se incluye el cualificador modal (M) se da un mayor grado de veracidad. De igual manera, la conclusión (C) puede verse restringida por las refutaciones (E), las cuales pueden hacer perder validez al respaldo teórico (R) (Pinochet 2015; Buitrago et al., 2013).

Ahora bien, cuando se habla de argumentación en el campo de la educación podemos tomar lo planteado por Chamizo (2007) quien afirma que el aporte de Toulmin en sus diferentes obras ha resultado indispensable en la construcción de la ciencia. Lo anterior, teniendo en cuenta que

³ Representación del modelo argumentativo de Toulmin (2007), tomado de Buitrago, Mejía y Hernández (2013). La argumentación: de la retórica a la enseñanza de las ciencias, p.22

dichos aportes han permitido potenciar uno de sus principales objetivos de la educación, como lo es explicar el mundo. Para el caso del aula de Ciencias Naturales ha sido de gran valor por los procedimientos y habilidades intelectuales que se emplean para explicar todo tipo de fenómenos. En pocas palabras, Chamizo (2007) resalta la manera como Toulmin (1977) ha contribuido a la calidad de los procesos de enseñanza de las ciencias, la cual, no debe valorarse por la exactitud con la que se manejan los conceptos. Además, el aprendizaje enfocado desde esta perspectiva cumple con los objetivos de la educación como lo son el desarrollo de conocimientos acerca de la naturaleza de la ciencia, la evaluación de los aprendizajes, la lectura y escritura en las disciplinas, el desarrollo de habilidades de pensamiento de orden superior y el desarrollo del pensamiento crítico (Revel, Meinardi y Adúriz-Bravo, 2014).

Así pues, es esencial resaltar las actitudes críticas con las que los estudiantes aprenden a juzgar dichos conceptos tratados en el aula de clase. Por consiguiente, el modelo de Toulmin permite no sólo conocer las relaciones que se tejen en el aula, sino también la contribución de las prácticas discursivas en el aprendizaje (Driver, Newton y Osborne, 2000; Ladino, Ortiz, Arévalo y Suárez, 2008; Henao, 2010; Pinochet, 2015). En pocas palabras, la argumentación genera un pensamiento crítico y reflexivo por la promoción de la interacción social tanto en los estudiantes como en los maestros (Sánchez, González y García 2013).

2.2.2 La argumentación en la enseñanza de las ciencias.

Para comprender un poco mejor el impacto que ha tenido el modelo de Toulmin en la educación, los expertos en didáctica de las ciencias se interesaron en hacer uso de los elementos

fundamentales que proporciona este modelo. Por lo cual, determinaron que dichos elementos no fueron suficientes para interpretar la estructura del argumento de los estudiantes y se hicieron necesarios algunos ajustes como la transcripción y la codificación (Jiménez-Aleixandre et al., 2000). De esta manera, al dar una mirada al discurso de los estudiantes, se generó una extrapolación de los elementos fundamentales en espacios de conversación y en textos amplios que permiten analizar el argumento que estos presentan (Driver et al., 2000). Es así, como Erduran, Simon y Osborne (2004) utilizaron un esquema de codificación que puede servir para clasificar los argumentos individuales en uno de los cinco niveles de complejidad.

Estas adaptaciones del modelo Toulminiano han permitido analizar el impacto que tiene la competencia argumentativa en la formación de docentes, de igual manera en la promoción de actividades que desarrollan la competencia en los estudiantes y en la evaluación de los procesos. Así, se encuentran múltiples trabajos que abordan la argumentación en la enseñanza de las Ciencias Naturales (Candela, 1999; Driver et al., 2000; Sardá y Sanmartí, 2000; Jiménez-Aleixandre y Díaz, 2003; Jiménez-Aleixandre, 2010; Ladino et al., 2008; Pipitone, Sardá y Sanmartí, 2008; Henao y Stipcich, 2008; Puig, 2010; Jiménez-Aleixandre y Puig, 2013; Henao, 2010; Cardona y Tamayo, 2009; Osborne, 2007; Ruiz, 2012; Tamayo, 2012; Ruiz y Márquez, 2013; Ruiz et al., 2015). Estos autores coinciden en que, la competencia argumentativa en el aula es un proceso dialógico y una herramienta fundamental para la co-construcción de comprensiones más significativas de los conceptos abordados en clase.

Para comenzar, se reconoce el papel de la argumentación en el aprendizaje de hablar y escribir ciencias a través del lenguaje. De esta manera, cuando los estudiantes redactan conclusiones,

hacen resúmenes o debaten sus posturas, se generan procesos de pensamiento que les permiten llegar a explicaciones, modelos y teorías. Así, mediante variadas formas los estudiantes expresan y publican sus procesos de pensamiento sobre diferentes fenómenos, lo cual ha generado una relación estrecha entre el pensamiento crítico y el científico. Lo anterior, teniendo en cuenta que las prácticas de aula se han cualificado desde la reflexión crítica que se les ha dado a los procesos, objetivos y finalidades del quehacer en la enseñanza de las ciencias.

Por tal motivo, la educación actual ha visto la necesidad de replantear estrategias que promuevan los procesos argumentativos. De esta manera, se lleva a que los estudiantes aprendan los conceptos de forma tal que desarrollen competencias que les sirvan en su contexto cotidiano. No obstante, como se ha enfatizado con anterioridad, la argumentación es una actividad dialógica que considera que la persuasión es parte del género discursivo de la ciencia y por lo tanto de la enseñanza de las ciencias. Hay que tener en cuenta que el discurso del profesor es dialógico, en tanto toma en cuenta la opinión de los estudiantes y contrasta los modelos explicativos iniciales con los posteriores, lo que produce un diálogo personal.

Hay que hacer notar entonces en diversos aspectos en los que la argumentación ha aportado a la enseñanza de las ciencias. Para iniciar, se ha dado una aproximación a la epistemología de la ciencia como base para articular pruebas con datos, construir afirmaciones y, de esta forma, llegar a argumentos coherentes. Por consiguiente, se ha hecho la inclusión de literatura científica, la cual se convierte en fuente de información necesaria para afianzar espacios de debate. En

consecuencia, los estudiantes piensan y razonan adecuadamente, lo cual es básico para la educación ciudadana en sociedades democráticas.

Finalmente, para que los estudiantes hagan una verdadera progresión conceptual, una buena formación ciudadana, una alfabetización científica y un mejoramiento en el conocimiento científico es necesario que se discuta sobre dichos conocimientos y la influencia en el entorno social y cultural de estos. Para ello, deben reconocer la importancia que tiene la calidad de sus ideas y cómo las expresan, porque como lo manifiestan Sánchez et al. (2013) los estudiantes se deben apropiarse de los procesos de argumentación, los cuales deben ser enseñados en la clase de Ciencias Naturales.

2.3 Modelos

Dentro de los procesos de enseñanza - aprendizaje es fundamental destacar la forma como los estudiantes, profesores y científicos representan el conocimiento. Existen por tal motivo, los modelos explicativos de la ciencia y los modelos explicativos del alumnado. Hay que hacer notar entonces lo indispensables que ellos resultan en dichos procesos, no solo la visión de cada modelo sino la forma como estos se relacionan (Márquez, Roca, Gómez, Sardá y Pujol, 2004). De igual manera, es importante tener en cuenta que durante los procesos de enseñanza - aprendizaje todas las personas realizan diversas representaciones, las cuales son aprendidas de lo que se ve, de lo que se escucha, también de aquellas que las mismas personas utilizan para expresarse de forma verbal, escrita y/o gráfica (Álvarez, 2011; Felipe, Gallarreta y Merino, 2005).

Antes que nada, es importante resaltar que el concepto de modelo ha sido utilizado en varios contextos a lo largo de la historia y ha tenido variaciones respecto a su epistemología. Según Adúriz-Bravo (2010), en un principio sirvió para dar una interpretación a la teoría, pasando a ser guía de las actividades científicas. De esta manera, se utilizó para ejemplificar de manera intencionada las teorías científicas, lo cual ha permitido a los estudiosos de los modelos en la enseñanza de las Ciencias Naturales hacer uso de ellos. Por tanto, son vistos como proyecciones de la teoría para explicar el mundo y sus fenómenos, a la vez que permiten buscar soluciones a problemas científicos (Adúriz-Bravo, 2010). En consecuencia, estos modelos permiten ser llevados al aula, de tal manera que se hace posible relacionar la forma cómo se llevan a cabo los fenómenos naturales que resultan complejos a la vez que se tienen en cuenta los modelos explicativos de los estudiantes.

Así, en el presente trabajo se identifican los elementos que hacen parte de determinados modelos de la ciencia por parte de los estudiantes. De modo que a través de los modelos explicativos que surgen durante el proceso de aprendizaje, el estudiante consigue su aproximación al modelo explicativo de la ciencia. En consecuencia, se hace necesario establecer la diferencia entre dichos modelos: cuando se hace mención al modelo conceptual o científico se le llamará “*Modelo Explicativo de la Comunidad Científica*”, y se le determinará como *MECC*. Por otro lado, cuando se haga referencia a los modelos que presentan los estudiantes frente a determinado tema, contenido o fenómeno, se le dará el nombre de “*Modelos Explicativos de los Estudiantes*” o *MEE*.

2.3.1 Los modelos explicativos de la comunidad científica- MEEC.

Por lo que se refiere a los MECC, son también conocidos como modelos conceptuales. Estos, han sido definidos y caracterizados por varios autores (Greca y Moreira, 1998; Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001; Márquez et al., 2004; Justi, 2006; Capuano et al., 2007; Adúriz-Bravo e Izquierdo, 2009; Adúriz-Bravo, 2010; Chamizo, 2010; Puig, 2010;), los cuales señalan que los modelos presentan un lenguaje abstracto donde se relacionan los modelos teóricos y los dominios de fenómenos. Son además complejos, sistémicos, dinámicos y cambian a lo largo de la historia. Por otra parte, la comunidad científica hace uso de aquellos que están basados en un lenguaje sencillo, pero con una alta riqueza teórica. Así mismo, son el resultado de modificaciones de otros que fueron aceptados anteriormente, mientras que algunos traen tantas innovaciones que relevan totalmente al modelo anterior.

Según Adúriz-Bravo e Izquierdo (2009), estos modelos constituyen una guía extremadamente potente para la intervención sobre el mundo en el contexto de la actividad científica erudita y también en la enseñanza de las Ciencias Naturales. Es decir, los MECC son consistentes y comparten las representaciones sobre el conocimiento científico que tiene una comunidad y que además se concreta sobre un aspecto específico (Greca y Moreira, 1998; Ingham y Gilbert, 1991). Presentan además unas características particulares, tales como incluir concepciones relacionadas entre sí, las cuales constituyen la base para que los estudiantes se apoyen y expliquen los diversos fenómenos (Nuñez y Hernández, 1996).

Sin embargo, algunos de ellos no son encontrados con los nombres precisos en la literatura, lo que lleva a remitirse a los estudios históricos y epistemológicos, donde se logran identificar

algunos modelos conceptuales. Estos, son el resultado de las representaciones que hacen las personas, dependiendo del contexto en el que se encuentren. Finalmente, estos modelos permiten comprender el significado que se da a los conceptos y como se han estructurado a lo largo de la historia (Orrego, Tamayo y López, 2012).

2.3.3 Modelos explicativos de los estudiantes – MEE.

Ahora bien, cuando se habla de los MEE se tratan varios aspectos que son fundamentales en lo que se refiere al aprendizaje. En efecto, la forma como el estudiante estructura el conocimiento es un reto para los maestros, puesto que dichos modelos explicativos suelen ser estáticos, aislados, se basan en la causalidad lineal y son muy deterministas (Márquez et al., 2004). Puesto que los estudiantes realizan una construcción basados en un fenómeno determinado, es importante identificar la representación que hacen para que logren cambios significativos. En consecuencia, se podrán dar cambios tanto en ambientes escolares como cotidianos (Orrego et al., 2013), ya que muchas veces adquieren, construyen y aplican modelos de manera inconsciente (Chamizo, 2010).

De este modo, los MEE son las explicaciones del mundo natural, las cuales operan con ellos y son necesarias para aprender y desarrollar la capacidad de escoger, razonar y evaluar los conceptos implicados (Zohar y Nemet, 2002 citado por Jiménez-Aleixandre y Díaz, 2003). Así, cuando se va a determinar la relación que presentan los MEE con los MECC, es necesario medir el grado de coherencia que tienen con estos. Así pues, se logran deducir las dificultades que presentan en cuanto al aprendizaje de los conceptos.

Hay que hacer notar, que los dos modelos presentan ciertas limitantes inherentes a lo que ellos representan, tal como lo exponen (Adúriz-Bravo, 2009; Orrego et al., 2013; Moreira et al., 2002). Por un lado, está la manera como el profesor enseñe los MECC y es por esto que la analogía del ajedrez con los procesos de enseñanza - aprendizaje propuesta por Álvarez y Muñoz (2014) se convierte en un punto fundamental de dichos procesos. Para estos autores, los profesores deben ser estrategias y generar una serie de pasos que con el tiempo desarrollen en el estudiante aprendizajes significativos.

Por otro lado, está la manera como surjan los MEE, visto que están basados en representaciones tanto internas como externas que han sido moldeadas por el profesor (Álvarez y Muñoz, 2014). Además, son el resultado de una construcción, donde se dan significados científicamente aceptados y que se constituyen a su vez como herramientas intelectuales utilizadas en los procesos de aprendizaje. Por tal motivo, se espera que estos incluyan conceptos teóricos/científicos, imágenes, tratados y postulados que hagan parte de la visión científica del mundo y que al utilizar los modelos de la ciencia se tenga conciencia que se está trabajando con ellos (Chamizo, 2010).

Para concluir, para los maestros constituye un reto identificar los MEE con una ciencia escolar que se mueve en torno a los MECC, considerando que se podrá situar en el contexto de los estudiantes el saber disciplinar o teórico, el cual, como lo expresa Adúriz-Bravo (2010) es un patrimonio de todos y es la finalidad más importante de la educación científica de la ciudadanía (Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2005). Para lograrlo, deben surgir en medio de este proceso tanto la planificación como el desarrollo de propuestas didácticas (Nuñez y Hernández, 1996), las cuales

pueden estar estructuradas en unas pocas ideas teóricas fundamentales, pero, que se le muestren al estudiante a través de varios medios (Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2005). En definitiva, para disminuir la brecha entre los MECC y los MEE el maestro y el diseño de actividades secuenciadas e intencionadas resultan fundamentales.

2.4 Modelos explicativos de la comunidad científica (MECC) del ciclo del carbono

En lo que se refiere al ciclo del carbono son múltiples los trabajos que se han realizado en las últimas décadas. Antes que nada, es necesario conocer como históricamente ha sido abordado por la comunidad científica desde el mismo momento que se percataron de su importancia en los diferentes procesos que se llevan a cabo en el planeta. Luego, se hablará de lo que es el carbono, la forma global de su dinámica y en torno a esto se determinarán los elementos fundamentales para establecer los MECC sobre este.

Para explicar el cambio que han tenido los modelos desde la historia natural, narrativa y descriptiva a unos modelos de historia explicativa, García (2003) cita lo dicho por (Toulmin y Goodfield, 1965, p. 17) “En toda la historia del pensamiento ninguna transformación en la actitud de los hombres hacia la Naturaleza —en su sentido común— ha sido más profunda que el cambio de perspectiva provocado por el descubrimiento del pasado”. Por tal motivo a continuación se muestran las miradas que han tenido los científicos del carbono a lo largo de la historia y la forma como se habló de él hasta llegar a un modelo cíclico para explicar su movimiento.

Para empezar, se conoce que el carbono (C) es un elemento fundamental en el planeta, además de que se combina fácilmente con otros elementos y se constituye a su vez en parte de las moléculas que forman a los seres vivos (Jaramillo, 2004). Su disponibilidad es limitada y podemos encontrarlo haciendo parte de las reservas de carbono mundial. Entre los principales reservorios se encuentran: la atmósfera, la hidrosfera, la biosfera, la rizosfera y la litosfera. Hay que tener en cuenta que para moverse de un almacén a otro deben llevarse a cabo procesos lentos o rápidos. Estos pueden variar desde los niveles moleculares, pasando por los orgánicos y llegar incluso hasta los globales. En consecuencia, el carbono circula de manera constante entre los diferentes niveles (Jaramillo, 2004; McVay y Rice, 2005; Martín-Chivelet, 2010).

Sin embargo, no siempre se ha conocido acerca de las características del carbono y la forma como este circula. En la época de la Grecia clásica se comenzó a dar un marco conceptual de lo que es la forma de carbono para los científicos de este tiempo. Se conoce por ejemplo que cuando Aristóteles (350 a.C.) hizo alusión al “cuerpo que contiene más tierra que humo” se refería al carbón, el cual está compuesto en alto porcentaje por carbono. De igual forma, al dar respuesta a la forma como las plantas se nutrían se estableció la “teoría del humus”, en la cual Aristóteles propone que las plantas absorben el alimento del suelo y estos materiales se adherían a la planta, permitiéndole crecer (González, Martínez y García, 2014). Así pues, se infiere que había una idea sobre como componentes del suelo hacían parte de los seres vivos. En cuanto a los procesos de respiración sólo se atribuía a los animales, ya que no se consideraba posible este proceso en las plantas y no se conocía de la existencia de otro tipo de seres vivos.

Las anteriores teorías continuaron por muchos siglos sin modificaciones significativas. Se conoce del uso de la leña como combustible, al igual que el carbón mineral donde su explotación se hizo cada vez mayor, llevando a las poblaciones a fomentar restricciones frente a dichas prácticas (Rodríguez, 1951). Ya para los siglos XVII y XVIII se hicieron varios trabajos que mostraron parte de la dinámica del carbono. De esta manera, experimentos como el de Santorio (1561-1636), Nicholas Theodore de Saussure (1767-1845) y Van Helmont (1580 – 1644) contribuyeron a conceptos metabólicos como la fotosíntesis, la formación de tejidos y la respiración (Roys, 2011; González et al., 2014). Por tanto, se determinó que las plantas y los animales intercambian gas carbónico o dióxido de carbono (CO_2) y oxígeno (O_2) en volúmenes iguales, donde las plantas retienen el carbono que se comprobó mediante el peso ganado por las plantas, llevando así a la formulación sobre la ecuación de este proceso (Roys, 2011).

Ya para el siglo XIX varios científicos hicieron aportes significativos a lo que hoy se conoce como el ciclo del carbono y sus principales fuentes de almacenaje. Svante Arrhenius (1859-1927) determinó la importancia potencial del CO_2 en el clima, generando uno de los primeros modelos de cambio climático por el aumento del gas en la atmósfera. Hizo además su propuesta sobre la dinámica que tiene el carbono y mencionó elementos que hoy son fundamentales en el modelo del ciclo del carbono actual, como son: las eras geológicas, las erupciones volcánicas, la meteorización, la combustión de meteoritos en las regiones más altas de la atmósfera. También, hizo alusión a la descomposición de materia orgánica, a la formación de carbonatos a partir de silicatos y al consumo del gas carbónico en los procesos de las plantas (Arrhenius, 1896).

A esto, se sumaron las diferentes teorías científicas tales como la acuñada por James D. Dana (1873), quien habló de los depósitos sedimentarios acumulados y deformados durante la orogénesis. Al igual, Louis Agassiz con su teoría glacial a finales de 1830, planteó que la superficie terrestre estuvo ocupada por extensas capas de hielo y glaciares. Estas a su vez, fueron responsables de fenómenos como la erosión, la sedimentación y el transporte de elementos (García, 2003).

Por consiguiente, las teorías propuestas en los últimos 150 años llevaron a la comunidad científica a ilustrar el dinamismo de los procesos de transformación que se dan en los sistemas terrestres: geosfera, atmosfera, hidrosfera y biosfera (Brusi, Roqué y Mas-Pla, 2013). Por esta razón, autores como Maldonado, González y Jiménez (2007), Martín-Chivelet (2010) y Brusi et al. (2013) afirman que se hace imprescindible el uso de modelos, puesto que son representaciones hechas por el ser humano para conectar un complejo sistema de procesos y exponer las intrincadas interacciones que se presentan.

Por este motivo, se habla de un tipo de modelo cíclico para el carbono, debido a que su representación se reduce a un conjunto de fases y estadios por los que discurren tanto la materia como la energía (Brusi et al., 2013). Sin embargo, todo modelo trae sus imprecisiones y estas deben ser tenidas en cuenta al momento de situar los resultados, los cuales pueden ser limitados por estas (Boucot y Gray, 2001 citado por Martín-Chivelet, 2010). Esto, debido que el ciclo está basado en formulaciones cuantificables, las cuales incluyen diversos tipos de datos: biológicos, geológicos, geoquímicos y climatológicos, entre otros (Martín-Chivelet, 2010).

De igual manera, permiten determinar las interacciones que se pueden presentar por fenómenos de tipo lineal, cíclico, reversible e irreversible entre los diferentes sitios de almacenaje del carbono, los cuales son medidos en masas de carbono que hacen parte del ciclo global a pequeña y gran escala. Su masa se muestra en moles (Unidad básica del Sistema Internacional utilizado para medir una sustancia) y el sitio de almacenaje que mayor cantidad de masa en moles tiene, son las rocas carbonáticas. El flujo a gran escala en millones de años (ma), se da por meteorización, desgasificación y enterramiento del carbono orgánico (Berner, 2004). De esta manera, la **Tabla 2** propuesta por Berner (2004), citado por Martín-Chivelet (2010) da una muestra de los sitios de almacenaje, las masas representadas en moles y los flujos que tienen estos moles a escala de millones de años.

Tabla 2

Tasas de carbono en ciclos a pequeña escala vs flujo de carbono a gran escala

<i>Almacén o flujo</i>	<i>Masa</i> <i>(10¹⁸</i> <i>mol)</i>	<i>Flujo</i> <i>(10¹⁸</i> <i>mol/ma)</i>
<i>Carbono en rocas carbonáticas (calizas, dolomías)</i>	5000	
<i>Carbono orgánico en rocas (carbón, hidrocarburos)</i>	1250	
<i>Carbono inorgánico disuelto en el océano</i>	2,8	
<i>Carbono en los suelos (incluidas calcretas)</i>	0,3	
<i>CO₂ atmosférico</i>	0,06	

<i>Biosfera continental</i>	0,05	
<i>Biosfera marina</i>	0,0005	
<i>Enterramiento de carbono orgánico en sedimentos</i>		5
<i>Toma de CO₂ por meteorización de silicatos</i>		7
<i>Aporte de CO₂ por desgasificación volcánica</i>	1	3-9

Nota: Tomado de Berner (2004), Recuperado de: Ciclo del carbono y clima: la perspectiva geológica (Martín-Chivelet, 2010, p.36)

Puesto que la especie humana es considerada como agente geológico su incidencia ha traído modificaciones en el ciclo, las cuales, por su alto impacto en corto tiempo han llevado a la comunidad científica a realizar cálculos basados en modelos matemáticos (Brusi et al., 2013). Dichos cálculos, permitirán tener una aproximación en la medida del nivel de modificación a diferentes escalas temporales (Le Quéré, Moriarty, Andrew, Peters, Ciais, Friedlingstein y Boden, 2015; Berner, 2004). Así, al analizar las posturas de los diferentes autores surgen varias maneras de abordar el modelo del ciclo carbono. Para el presente trabajo se tendrán en cuenta 3 modelos, los cuales han recibido aportes por un gran número de científicos: el *modelo ciclo del carbono de largo plazo*, el cual será determinado como **M1** (Ver figura 4), el *modelo ciclo del carbono a corto plazo* **M2** (Ver figura 5) y el *modelo modificado por acción antrópica* **M3** (Ver figura 6).

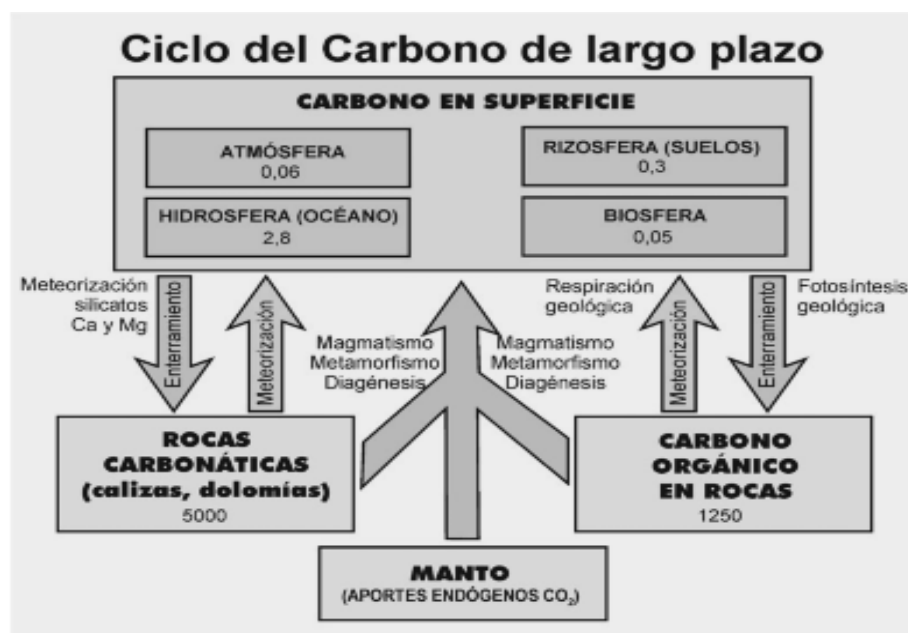


Figura 4. Modelo Ciclo del carbono de largo plazo⁴-M1

⁴ Ciclo del carbono de largo plazo, donde se muestra el flujo que se da entre la litosfera y la superficie terrestre. Las flechas muestran la forma como el carbono fluye entre los diferentes sitios de almacenaje. Este flujo dura millones de años. Tomado de Martín-Chivelet (2010). Ciclo del carbono y clima, la perspectiva geológica, p. 36

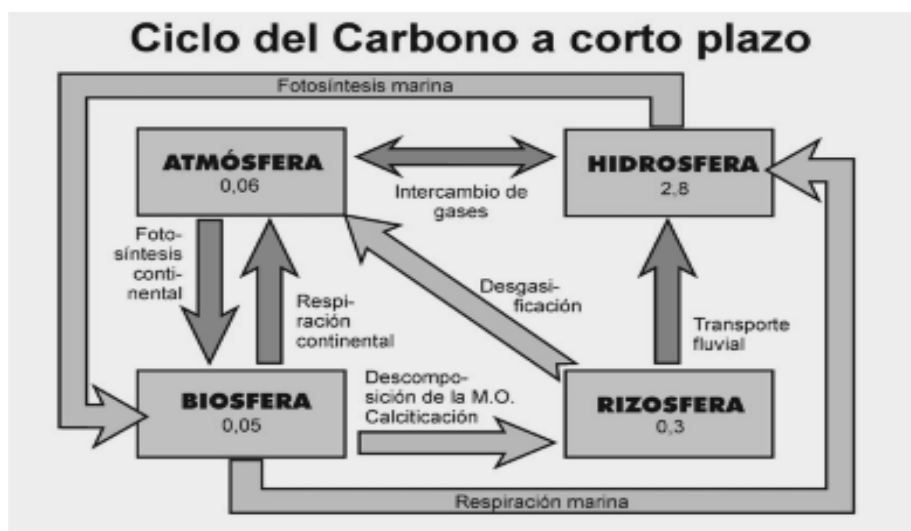


Figura 5. Modelo ciclo del carbono a corto plazo⁵-M2

⁵ Ciclo del carbono de corto plazo (años hasta siglos) muestra un flujo entre los subsistemas atmósfera, hidrosfera, rizosfera y biosfera. Los procesos bioquímicos y metabólicos están representados básicamente por la fotosíntesis, la respiración y la descomposición. Tomado de Martín-Chivelet (2010). Ciclo del carbono y clima, la perspectiva geológica. p.36

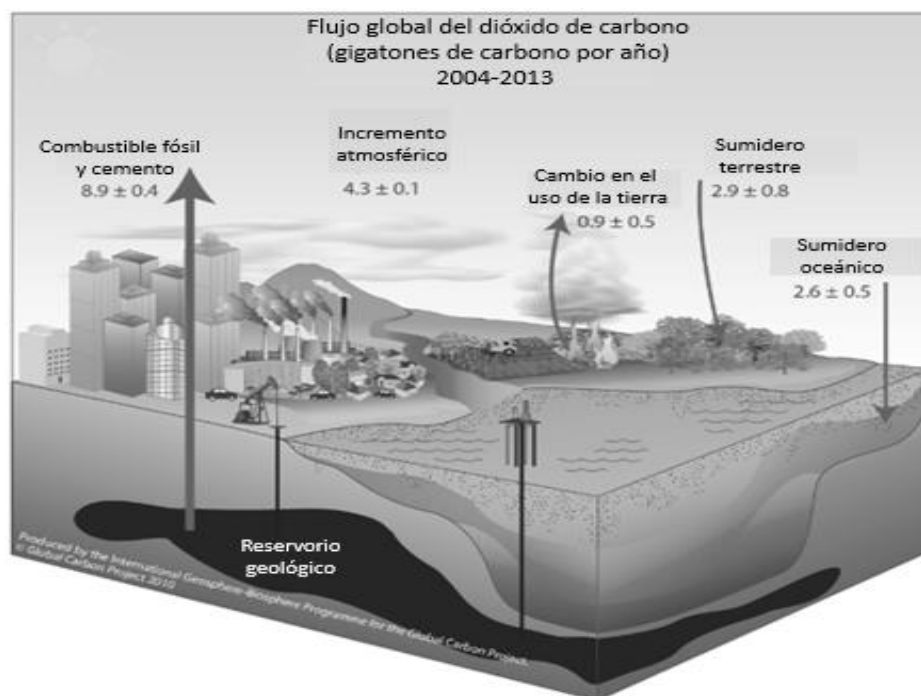


Figura 6. Modelo modificado por acción antrópica⁶- M3

Así pues, con el fin de tener una mejor comprensión de los fenómenos que ocurren en cada uno de los modelos del ciclo del carbono, se muestra a continuación la **Tabla 3**, en la cual se encuentran agrupados tanto los elementos conceptuales de cada modelo (M1, M2 y M3), como los autores que han aportado la fundamentación teórica a cada uno de ellos.

⁶ Tomado de Le Quéré (2015), Global carbon budget 2014. p.50

Tabla 3

Elementos conceptuales de los modelos del ciclo del carbono

Modelos explicativos de la comunidad científica	Elementos conceptuales para cada modelo	Autores que aportan elementos conceptuales a los modelos
CICLO DEL CARBONO	<ul style="list-style-type: none"> Este ciclo se refiere a escalas temporales de millones de años. Recoge mecanismos de intercambio lentos e inexorables. Resulta determinante en la historia climática y ambiental de la tierra. La transferencia de carbono se da entre la litosfera y el "sistema superficial" (que agrupa la atmósfera, los océanos, la biosfera y los suelos). El mayor almacenamiento de carbono se da en los océanos. Oscilaciones gigantescas del nivel del mar, que ahogan las grandes selvas y producen enterramiento del carbono orgánico- Fósiles. Depósitos de Carbón y formación de Petróleo. 	<p>Fairbridge (1982);</p> <p>Jaramillo (2004);</p> <p>Uriarte (2003);</p> <p>Rojas y Doss (2014);</p> <p>Domic (2011);</p> <p>Maldonado et al. (2007);</p>

<p>DE</p> <p>LARGO</p> <p>PLAZO</p> <p>(M1)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Vulcanización y meteorización (procesos geológicos/físicos). • Precipitación calcárea- formación de caliza, carbonato cálcico. • Desplazamiento de los polos (choque de placas tectónicas). • Glaciaciones (formación de capas de hielo). • Cambios climáticos a gran escala (con veranos cálidos e inviernos fríos y secos) • Es la acumulación de varios ciclos a corto plazo. 	<p>Martín-Chivelet (2010);</p> <p>Berner (2004)</p> <p>Berner (1999) citado por</p> <p>Martín-Chivelet (2010)</p>
---	---	---

ANTRÓPICA		
(M3)		

Fuente: Elaboración propia. Basado en los autores mencionados en la columna derecha: “Autores que aportan elementos conceptuales a los modelos”.

2.5 La influencia de los procesos argumentativos en los modelos explicativos

Como ya se notó, en los anteriores apartados se resaltó la importancia de la enseñanza de las ciencias, el papel que juega la argumentación y el uso de modelos en la enseñanza de las ciencias. Sin embargo, es fundamental destacar la relación que tienen los procesos argumentativos con los modelos explicativos.

Sobre esta relación hay varios autores que han hecho aportes significativos, que resultan convenientes para lo que pretende establecer este trabajo. Es así, como (Aragón, 2007a; Chamizo, 2007; Henao y Stipcich, 2008; Cardona y Tamayo, 2009; Puig, 2010; Jiménez-Aleixandre y Puig 2013 y Sánchez et al., 2013) apuntan que la argumentación es la competencia que permite al estudiante mostrar la capacidad explicativa sobre distintos modelos, los cuales pretenden explicar un fenómeno. De esta manera, se logra comparar la capacidad que tiene un estudiante antes o después de una intervención didáctica, incluso, puede brindarnos la idea del cómo un grupo de estudio utiliza dicha capacidad para explicar fenómenos.

Así, “la argumentación puede realizarse en distintos contextos: teóricos, empíricos, elección de modelos explicativos, toma de decisiones, confirmación de predicciones o evaluación crítica de enunciados, entre otros” (Puig, 2010 p,12). Por lo tanto, la relación que se establece entre la argumentación y los modelos explicativos permite que los estudiantes evalúen los modelos que tienen, los comparen y realicen construcciones a partir de dichos procesos (Jiménez-Aleixandre y Díaz, 2003). Sin embargo, para que haya argumentación es necesario entonces que el conocimiento haya sido sometido a evaluación con el objetivo de confirmarlo o refutarlo (Puig, 2010).

Así mismo, se hace necesario que se presenten datos, la conclusión (tesis) que se va a defender y la justificación, la cual debe estar fundamentada en leyes o modelos científicos o en tesis sostenidas por el destinatario, donde aporte razones que resulten significativas para él (Revel, Couló, Erduran, Furman, Iglesia y Adúriz-Bravo, 2005). A fin de que la justificación se realice, esta dependerá de la forma como se argumente (Aragón, 2007a). Por consiguiente, el patrón Toulminiano toma fuerza, ya que a medida que se aprenden los MECC también se aprende a hacer uso de los datos que estos ofrecen. En consecuencia, se requiere de un conocimiento del fenómeno, dado que, es diferente cuando se argumenta sin conocimiento suficiente del suceso, que cuando se hace articulando explicaciones con pruebas (Henao y Stipcich 2008; Tamayo, 2012; Puig, 2010).

Ahora bien, el aula de Ciencias Naturales es el espacio donde los estudiantes establecen relaciones, argumentan sus ideas, buscan explicaciones alternativas, tratan de comprender los MECC desde sus propios modelos y se darán cuenta de que todo conocimiento debe ser cuestionado, analizado y justificado (Candela, 1991). Así, cuando el estudiante busque explicaciones alternativas de un fenómeno, será tenido en cuenta como un proceso donde hubo argumentación (Puig, 2010). En resumen, fomentar en el aula actividades donde se promueva la competencia argumentativa y se genere el aprendizaje de un concepto, dará la posibilidad de apropiarse de los MECC. De modo que, las clases de ciencias serán espacios idóneos para desarrollar habilidades como la autonomía intelectual, la crítica, la conciliación, la disensión, el cuestionamiento, la autorregulación, entre otros (Henao y Stipcich, 2008).

Finalmente, se puede ver como la argumentación al articular datos, conclusiones, justificaciones y refutaciones con la evaluación de los modelos, ha servido para establecer lo que hoy se conoce como “los modelos de la ciencia” (Jiménez-Aleixandre y Puig, 2013). Estos, pueden explicar fenómenos de grandes magnitudes como los que ocurren en el interior de los ciclos biogeoquímicos. En resumen, permite realizar discusiones sociales de dimensiones socio-científicas como son las implicaciones antrópicas sobre las dinámicas del ciclo del carbono.

3. Metodología

En este capítulo se define el tipo de estudio que enmarcó la investigación realizada. De igual manera, se muestra el diseño metodológico el cual que tuvo varios momentos en los que se identificaron los modelos explicativos de los estudiantes respecto al ciclo del carbono y los niveles argumentativos que estos mostraron. Luego, se habla de la unidad de trabajo, que estuvo conformada por estudiantes de básica secundaria. Así mismo, se explica de forma detallada la unidad de análisis, que consistió en las categorías estudiadas (modelos explicativos y niveles argumentativos) y la relación que se estableció entre estas. Finalmente se hace referencia a la manera como se dio validez a la investigación.

3.1. Tipo de estudio

El presente trabajo se enmarcó dentro de la investigación de tipo cualitativo-comprensivo, ya que tuvo como propósito examinar la forma en que los individuos percibieron los fenómenos que los rodean, profundizando en sus interpretaciones y significados (Hernández, Fernández y Baptista, 2014; Deslauriers, 2004). De esta manera, se buscó comprender la relación que existe entre los modelos explicativos de los estudiantes sobre el ciclo del carbono y los niveles argumentativos que estos presentaron. Este fenómeno en particular es estudiado a partir de la movilización que tuvieron los estudiantes en las dos categorías. Por tal motivo, decimos que se encuentra basada en procesos inductivos donde se exploraron, describieron y analizaron los datos que se obtuvieron en tres momentos hasta llegar a una perspectiva más general.

La investigación cualitativa usa descripciones detalladas, profundas y completas del fenómeno a analizar (Hernández et al., 2014). En consecuencia, se describieron los datos obtenidos durante los 3 momentos de la investigación, donde se realizó un análisis que aportó información que permitió ser interpretada (Deslauriers, 2004). Por tal motivo la información obtenida se sistematizó y expresó con ayuda de indicios cuantificables, de los cuales se obtuvieron deducciones lógicas y justificadas (Abela, 2002)

3.2. Diseño metodológico

El diseño de la presente investigación se trabajó en tres momentos, los cuales permitieron identificar en los estudiantes tanto los modelos explicativos del ciclo del carbono, como los niveles argumentativos. Para dar una muestra clara de lo que fue la investigación a lo largo del trabajo se hará un recorrido por los momentos para identificar qué sucedió en cada uno de ellos (Ver *Figura 6*).

3.2.1 Momento 1 aplicación del cuestionario único en un momento inicial.

Se diseñó un cuestionario (Ver Anexo 1) con 3 preguntas abiertas, el cual fue sometido a pilotaje con estudiantes diferentes a los que participaron en la investigación. Fue valorado por juicio de expertos para luego ser aplicado a los estudiantes de grado 8ºI de la Institución Educativa CASD de Armenia. A este momento se le definió como momento inicial, puesto que se tuvieron los datos que permitieron reconocer los modelos explicativos iniciales de los estudiantes sobre ciclo del carbono y los niveles argumentativos en los que se encontraban.

3.2.3 Momento 2 intervención didáctica.

Para comenzar con el diseño de la secuencia didáctica (Ver Anexo 3), se partió de las respuestas que dieron los estudiantes en el cuestionario único donde se procedieron a identificar los modelos explicativos iniciales y los niveles argumentativos de los estudiantes. Luego, se realizó el diseño de un conjunto articulado de actividades de aprendizaje y evaluación formativa que tuvieron como finalidad una forma de enseñanza – aprendizaje menos fragmentada, donde se promuevan las competencias y no un aprendizaje por contenidos (Tobón, Pimienta y García, 2010, p. 20).

La secuencia se basó en los ciclos de aprendizaje de Sanmartí (2000), la cual considera diferentes propuestas de selección y secuenciación de actividades que se encuentran comprendidas en 4 fases como lo son: 1) actividades de iniciación o exploración, 2) actividades para promover la movilización de los modelos explicativos iniciales, 3) actividades de síntesis, con las cuales se estructura el conocimiento y 4) actividades de aplicación, que tienen como objetivo ofrecer oportunidades a los estudiantes para que apliquen sus modelos explicativos y se valgan de la competencia argumentativa para resolver situaciones de tipo socio-científico.

Dentro de la propuesta se incluyen una serie de recursos como:

1. Clases magistrales
2. Talleres
3. Salida de campo

4. Elaboración de historietas
5. Empleo de proyecciones como videos y noticias
6. Evaluación (Autoevaluación y Coevaluación)
7. Grabación de episodios argumentativos (debates)

A continuación, se describen las fases que se realizaron durante la secuencia didáctica (Ver Anexo 3):

1) *Actividades de iniciación o exploración:* Para esta fase, además del instrumento único de aplicación se realizó una actividad para identificar los modelos gráficos que tienen los estudiantes del ciclo del carbono. Para ello, se entregó material de reciclaje a cada grupo (6 estudiantes) y se dio un espacio de 30 minutos para elaborar el modelo y planear la socialización.

2) *Actividades para promover la movilización de los modelos explicativos iniciales:*

Proyección de un video del ciclo del carbono y de una gráfica con los diferentes elementos del ciclo del carbono, tanto a corto como a largo plazo. Luego se retomaron los modelos gráficos hechos en la actividad de iniciación con la finalidad que los estudiantes identificaran elementos que tuvieron en consideración y de aquellos que no tuvieron en cuenta.

3) *Actividades de síntesis, con las cuales se estructura el conocimiento:* Se realizaron actividades (proyección de videos, cálculo de cantidad de carbono en árboles, elaboración de historietas, evaluaciones) con la finalidad de identificar aspectos del ciclo del carbono a corto plazo, a largo plazo y modificado por acción antrópica.

4) *Actividades de aplicación*: En esta fase se realizaron actividades donde se promovió la competencia argumentativa. Dichas actividades no buscaron promover un determinado conocimiento, sino el planteamiento de situaciones propicias para que los estudiantes actuaran y sus ideas evolucionaran en función de su situación personal, (Sanmartí, 2000, p.254). De igual manera, estas actividades fueron planificadas partiendo de los problemas y aspectos de la realidad que viven los estudiantes tanto a nivel regional como en las zonas aledañas a la institución educativas. Es decir, se permitió articular los contenidos vistos con las actividades propuestas (Díaz-Barriga, 2013, p.8). Por consiguiente, se realizaron 3 episodios argumentativos: un juego de roles “Noticia de última hora” y dos debates, el primero sobre “Megaminería” y el segundo llamado “Un día sin combustible fósil”. Estos dos últimos fueron grabados con los respectivos permisos de los padres de familia y/o acudientes de los estudiantes y posteriormente transcritos para su análisis.

3.2.3 Momento 3 aplicación del cuestionario único en un momento final.

Al término de la intervención didáctica se aplicó el cuestionario único (Ver Anexo1) por segunda vez para identificar los modelos explicativos del ciclo del carbono finales y los niveles argumentativos predominantes que estos presentaron.

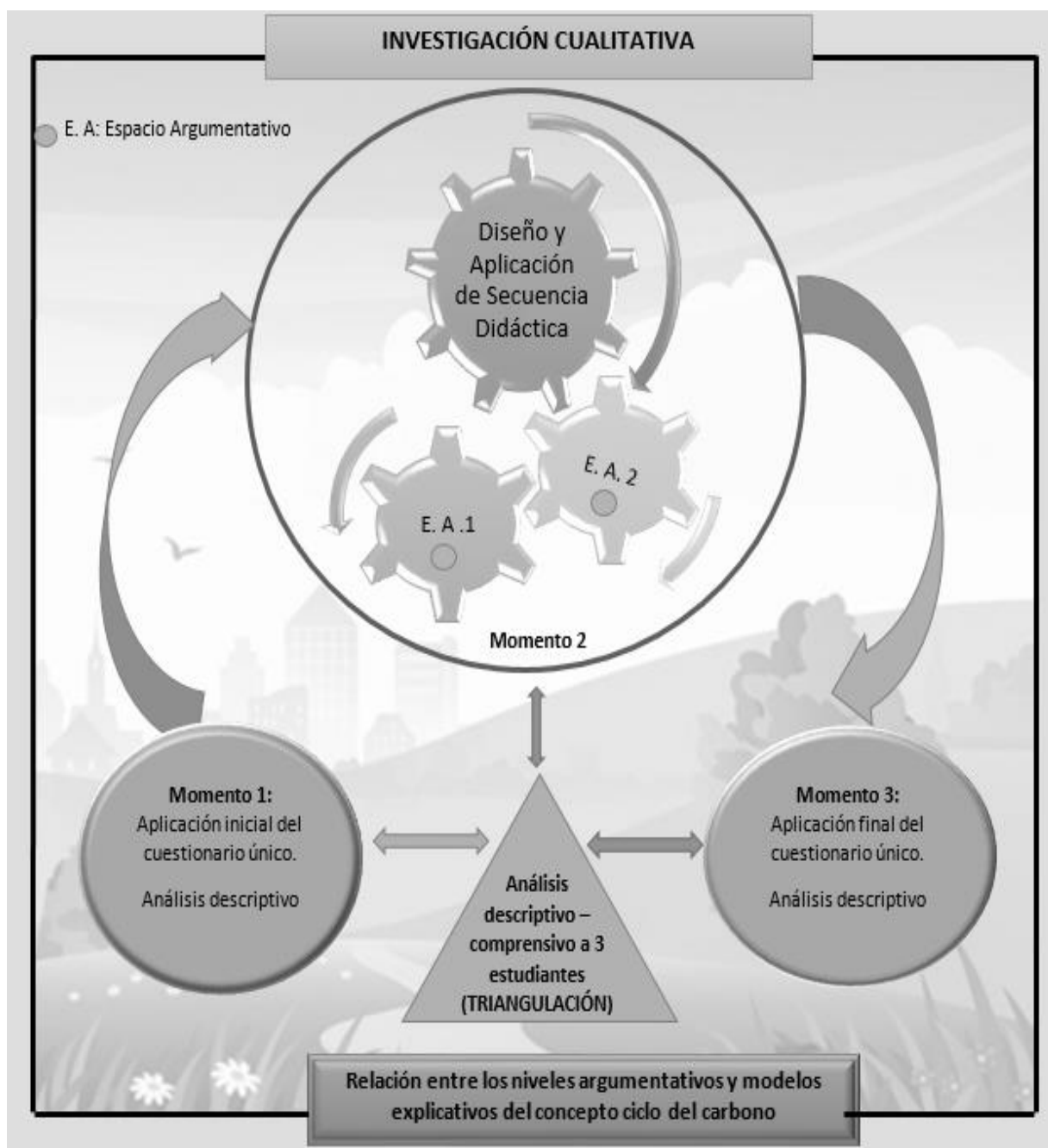


Figura 7. Diseño Metodológico. Elaboración propia.

3.3 Unidad de trabajo

Se trabajó con 36 estudiantes del grado 8ºI de la institución educativa CASD Hermógenes Maza de la ciudad de Armenia Quindío. La institución educativa es de carácter oficial, se encuentra en la zona urbana y cuenta con 3 sedes. Los estudiantes en su mayoría pertenecen a la zona educativa y se pertenecen a estratos 2 y 3. En cuanto a la selección de estudiantes no fue intencionada, puesto que el grupo se encontraba conformado antes de iniciar la investigación. Para el análisis comprensivo se seleccionaron 3 estudiantes de forma intencional y opinática (Abela, 2002). Se utilizaron entonces criterios tales como: a) que hayan dado respuesta a las tres preguntas en los momentos inicial y final, b) que hayan asistido a la totalidad de las actividades que se programaron en la secuencia didáctica y c) haber participado en los dos episodios argumentativos (debates sobre “Megaminería” y “Un día sin combustible fósil”).

3.4. Unidad de análisis

La unidad de análisis que se tuvo en cuenta para este trabajo, se basó en la relación entre la competencia argumentativa y los modelos explicativos que los estudiantes tienen sobre el ciclo del carbono. Para lograr identificar dicha relación, se trabajó con las dos categorías, las cuales fueron abordadas de manera deductiva desde el inicio del trabajo. Ahora bien, teniendo en cuenta las respuestas de los estudiantes las dos categorías fueron analizadas de manera conjunta, bajo parámetros establecidos para cada una.

Para la categoría de modelos explicativos del ciclo del carbono se recurrió a los modelos explicativos de la comunidad científica, previamente identificados mediante rastreo

epistemológico (Ver **Tabla 3**, Elementos conceptuales de los modelos del ciclo del carbono en el capítulo 2). Asimismo, para la categoría de niveles argumentativos se identificaron los elementos argumentativos y sus principales características (Ver **Tabla 1** del capítulo 2), para luego recurrir a la rejilla propuesta por Ruiz et al. (2015) y finalmente, ubicarlos en los niveles argumentativos (Ver **Tabla 5**).

3.5 Plan de análisis

Para comenzar, las respuestas que los estudiantes dieron al cuestionario único se procesaron en una rejilla de datos (Ver Anexo 2), la que permitió hacer un análisis tanto descriptivo como interpretativo (Cuevas, 2009 citado por Hernández et al., 2014). El análisis interpretativo del fenómeno de estudio partió de la relación entre las dos categorías ya mencionadas. Así pues, para cada una de las categorías se llevó a cabo un análisis que, aunque se hizo partiendo de las mismas respuestas, tuvieron unos parámetros diferentes los cuales se refieren a continuación:

3.5.1 Categoría MEE sobre el ciclo del carbono.

Para el análisis de los modelos que presentaron los estudiantes se tuvieron en cuenta las respuestas que dieron en el cuestionario único, tanto en el momento inicial (antes de la secuencia didáctica) como en el momento final (después de la secuencia didáctica). Así pues, las respuestas de los estudiantes fueron sistematizadas en la rejilla que se utilizó (Ver Anexo 2). Para este proceso se realizó una codificación deductiva, pues se recurrió a los modelos explicativos de la comunidad científica previamente identificados mediante rastreo epistemológico (Ver **Tabla 3**,

del capítulo 2). De esta manera, se reconocieron los diferentes elementos conceptuales que los estudiantes relacionaron en las respuestas (Abela, 2002).

De igual manera, se realizó una comparación constante, haciendo revisión de segmentos de datos, con el fin de conectarlos conceptualmente, consolidar las categorías y llegar a la saturación de datos. En consecuencia, se constituyó en uno de los procesos más amplios, dado que inició con la recolección de datos hasta finalizada la investigación (Mayz, 2009; Hernández et al., 2014; Deslauriers, 2004).

Con el fin de agrupar la gran cantidad de elementos conceptuales de los modelos del ciclo del carbono, tabularlos, analizarlos e interpretar los modelos explicativos de los estudiantes, se propuso una codificación que facilitó el análisis de dichos modelos. Así pues, se muestra a continuación la **Tabla 4** que, a su vez, se encuentra fundamentada en los autores que aportaron elementos conceptuales para cada modelo del ciclo del carbono (Ver **Tabla 3**).

Tabla 4

Relación de los modelos explicativos del ciclo del carbono que se pueden encontrar en los MEE

M1 Modelo que aporta elementos conceptuales del ciclo del carbono a largo plazo.
M2 Modelo que aporta elementos conceptuales del ciclo del carbono a corto plazo.
M3 Modelo que aporta elementos conceptuales del modelo ciclo del carbono modificado por acción antrópica.

M4 Modelo que aporta elementos conceptuales integrados, correspondientes a dos de los modelos del ciclo del carbono (M1, M2, M3).
M5 Modelo que muestra elementos conceptuales correspondientes a los tres modelos (M1, M2 y M3)

Nota: Elaboración propia. Basada en los modelos del ciclo del carbono de la **Tabla 3**, del presente trabajo.

Hay que tener en cuenta que el **M5** es el modelo que se considera más completo, en vista de que incluye elementos conceptuales del ciclo del carbono a largo plazo, a corto plazo y las alteraciones que ha hecho el hombre a través de la historia.

3.5.2 Categoría niveles argumentativos.

El análisis de esta categoría se hizo con base en las matrices Toulminianas (MAT), las cuales permitieron identificar cuando un argumento es simple o complejo (Ver **Figuras 2 y 3** del capítulo 2). De este modo la teoría ofrece conceptos formales que facilitaron delimitar las características que posee un argumento y que a su vez se han puesto en el escenario de las clases de Ciencias Naturales (Deslauriers, 2004). De la misma forma que se analizó la categoría de los modelos explicativos, se hizo una comparación constante para esta categoría. Esto, permitió realizar una codificación mixta, puesto que fue tanto inductiva-deductiva, como deductiva-inductiva. Lo anterior, teniendo en cuenta que fue necesario “zambullirse” en las respuestas de los estudiantes para identificar los elementos argumentativos y sus principales características (Ver **Tabla 1** del capítulo 2), para luego recurrir a los niveles argumentativos propuestos por Ruiz et al. (2015) y finalmente, ubicarlos en los niveles argumentativos como se muestra en la **Tabla 5**.

Tabla 5

Rejilla de orientación para ubicar los niveles argumentativos

Nivel	Característica
1	Comprende argumentos que solo presentan una o más conclusiones o presentan datos.
2	Aquello argumentos en los que se identifican con claridad los datos y una o más conclusiones, presentando poca o ninguna relación entre estos dos elementos.
3	Aquello argumentos en los que se identifican con claridad los datos y una o más conclusiones, presentando relación fuerte entre ellos.
4	Argumentos en los que se identifican con claridad los datos, una o más conclusiones y al menos una justificación, que intenta relacionar con los elementos anteriores
5	Argumentos en los que se identifican con claridad los datos, una o más conclusiones y al menos una justificación que relaciona claramente con los elementos anteriores
6	Argumentos en los que se identifican con claridad los datos, conclusiones, justificaciones y/o refutaciones con coherencia entre dichos elementos.
7	Argumentos constituidos por datos, conclusiones, justificaciones y respaldo teórico, con coherencia entre dichos elementos.

8	Argumentos en los que se identifican datos, conclusiones, justificaciones, respaldos, refutaciones y cualificadores con coherencia entre dichos elementos.
---	--

Para los episodios argumentativos se realizaron grabaciones con autorización de los padres de familia de los estudiantes. Luego, se procedió a hacer las transcripciones, donde se respetó la forma de hablar y expresarse de los estudiantes sin transformar su lenguaje, incluso si utilizaron palabras de la lengua popular (Taylor y Bogdan, 1987; Deslauriers, 2004). Los textos fueron divididos en líneas de forma arbitraria, donde se tomó en cuenta la intervención corta, expresada por cada estudiante (Candela, 1999). Para una mejor comprensión de lo ocurrido durante dichos episodios, se tomaron como referencia las notaciones especiales de Candela (1999; 2006) y se adaptaron tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 6

Notación especial para las transcripciones

Ma: Maestra.
E1: Estudiante 1.
E2: Estudiante 2. Y así de manera secuencial para los estudiantes (E) que intervinieron y el número que les fue asignado (1, 2, 3, 4... 36).
Es: Varios estudiantes de manera simultánea.
^: Elevación de la entonación.
= >: Frase significativa para el análisis.

*: Ruido (estudiantes hablando).
__: Énfasis especial, en una palabra.
(.): Pausa perceptible de pocas décimas de segundo.
(3): Pausa medible en segundos, P. ej: 3 segundos.

Nota: Notación especial basada en Candela (1999; 2006). Elaboración propia.

Para analizar de forma comprensiva la relación entre la competencia argumentativa y los MEE del ciclo del carbono, se escogieron 3 estudiantes como ya se mencionó en la unidad de trabajo. Dicha selección fue intencionada y se utilizaron como criterios: que hayan dado respuesta a las tres preguntas tanto en el momento inicial como en el final, que hayan participado activamente en las clases que se programaron durante la secuencia didáctica y que hayan intervenido de forma constante en los dos episodios argumentativos. Para reservar la identidad de los tres estudiantes se utilizaron los pseudónimos: Antonia, Tomás y Paulina.

Se inició con la estructuración de los datos, según las respuestas de los estudiantes en el momento 1 (inicial) y momento 3 (final), donde se procedió a analizar los datos como ya se mencionó para las dos categorías, utilizando la rejilla de datos (Ver Anexo 2). Después, se registraron las intervenciones de los estudiantes en los episodios argumentativos (Ver Anexos 6 y 7), las cuales fueron transcritas utilizando la propuesta de Candela (1999; 2006). Para este análisis, se requirió en primer lugar una codificación abierta o de primer nivel donde se identificaron los elementos conceptuales de los modelos explicativos del ciclo del carbono al igual que los elementos argumentativos. Luego, se hizo una codificación axial o de segundo

nivel, donde se llevó a cabo una deconstrucción de datos, tomando elementos de la información, desglosándolos, aislándolos para finalmente clasificarlos y compararlos (Deslauriers, 2004).

Posteriormente, se realizó un análisis de contenido al texto, el cual no se realiza al texto como tal, sino al fenómeno que se encuentra en él contenido (Abela, 2002). Finalmente, se hizo una triangulación de datos a cada estudiante, considerando que es pertinente mostrar el resultado de cada uno durante todo el proceso mencionado, (Mayz, 2009; Hernández et al., 2014). De esta manera, se analizó la relación entre los modelos explicativos y los niveles argumentativos de los estudiantes (Abela, 2002).

3.6 Validez

Con el fin de validar cada uno de los componentes tratados, se inició con el cuestionario utilizado para recolectar la información correspondiente a este proceso de investigación. Este por su parte, fue validado en un inicio por juicio de expertos y posteriormente por prueba piloto. Así, se tuvieron en cuenta las sugerencias de los expertos para realizar modificaciones a las preguntas del cuestionario y de esta manera recoger información relevante para lograr las metas propuestas en la investigación. En cuanto al pilotaje, se realizó con estudiantes del mismo nivel de enseñanza, pero pertenecientes a un grupo diferente con el que se realizó la secuencia didáctica. Seguidamente, y teniendo en cuenta la información obtenida se hicieron los ajustes a las preguntas del cuestionario que se utilizó tanto en momento inicial como al finalizar el proceso de investigación.

Ahora bien, para verificar y comparar la información en diferentes momentos, buscar la profundización, mayor comprensión del fenómeno estudiado y lograr que la recolección de datos no fuera redundante se utilizaron los dos métodos para obtener información: Primero las respuestas del cuestionario en los momentos 1 y 3, donde se identificaron los modelos explicativos iniciales y finales del ciclo del carbono además de los niveles argumentativos de los estudiantes bajo un análisis descriptivo e interpretativo. En lo que respecta al análisis descriptivo se hizo un uso moderado de la estadística como lo expresan Hernández et al. (2014, p.10) y Deslauriers (2004, p.80), puesto que, si bien los métodos de análisis no son principalmente matemáticos, si permiten describir, lo cual es fundamental para comprender las relaciones que se dan entre los fenómenos (Deslauriers, 2004, p.80). En segundo lugar, se tuvieron en cuenta las transcripciones de las intervenciones de los estudiantes, las cuales ofrecieron características que posibilitaron hacer un análisis tanto descriptivo como comprensivo del fenómeno a observar.

Por lo anterior, las dos formas de recolección de datos buscaron corroborar los hallazgos obtenidos en los 3 momentos del procedimiento, o en el caso contrario brindar una perspectiva más amplia en cuanto a la comprensión que se tiene de la relación entre las dos categorías abordadas (Benavides y Gómez, 2005; Hernández et al., 2014; Abela, 2002). Así pues, se logró dar un análisis contextual, donde los datos fueron estudiados tanto de manera individual como relacionados. En consecuencia, el trabajo no fue en línea recta ya que, se logró ir y volver a los datos obtenidos en los diferentes momentos de la investigación (Hernández et al., 2014). Además, se consiguió integrarlos e interpretarlos de forma continua, permitiendo que se diera el espiral de comprensión al que se refiere Mayz (2009).

4. Análisis y discusión

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos en los tres momentos de la investigación y sus respectivos análisis. Para comenzar, se hace alusión a los momentos 1 y 3. En el momento 1 se aplicó el cuestionario único con preguntas abiertas, luego se diseñó y aplicó la secuencia didáctica sobre el ciclo del carbono, finalmente, viene la aplicación del cuestionario único en un momento 3. En lo que se refiere al análisis de los resultados, en el momento 1, se realiza un análisis tanto descriptivo como interpretativo de los resultados, donde se muestran las dos categorías abordadas: modelos explicativos del ciclo del carbono y niveles argumentativos, en la unidad de trabajo (36 estudiantes). Luego, se hace el mismo análisis para el momento 3 y así mostrar los modelos explicativos del ciclo del carbono y los niveles argumentativos finales de los estudiantes. Después se hace una comparación de los momentos 1 y 3 donde se realiza un análisis comprensivo de las respuestas de los 36 estudiantes para identificar si se dan transformaciones tanto en sus niveles argumentativos como en sus modelos explicativos. Finalmente se realiza un análisis tanto descriptivo como comprensivo a los tres estudiantes que se seleccionaron de manera intencionada, según los criterios mencionados en el capítulo 3. Para dicho análisis se hace una triangulación de datos, partiendo del seguimiento a los estudiantes en los 3 momentos (Momento Inicial, Momento 2 Intervención Didáctica/Episodios Argumentativos, y Momento 3 final).

4.1 Momento 1 (Inicial)

Como se ya se mencionó, este espacio de análisis corresponde al momento 1, donde se identificaron los modelos explicativos iniciales y los niveles argumentativos en los que se encontraban los 36 estudiantes que fueron objeto de la investigación. En primera instancia se muestra el análisis descriptivo de los resultados y luego un análisis comprensivo de las categorías: niveles argumentativos y modelos explicativos. Para llevar a cabo este proceso se muestran a continuación las preguntas planteadas en el cuestionario único.

Preguntas planteadas en el cuestionario único (Ver Anexo 1) para identificar modelos explicativos del ciclo del carbono y niveles argumentativos de los estudiantes.

P1. Si cada ser vivo necesita carbono, ¿por qué no se ha acabado?

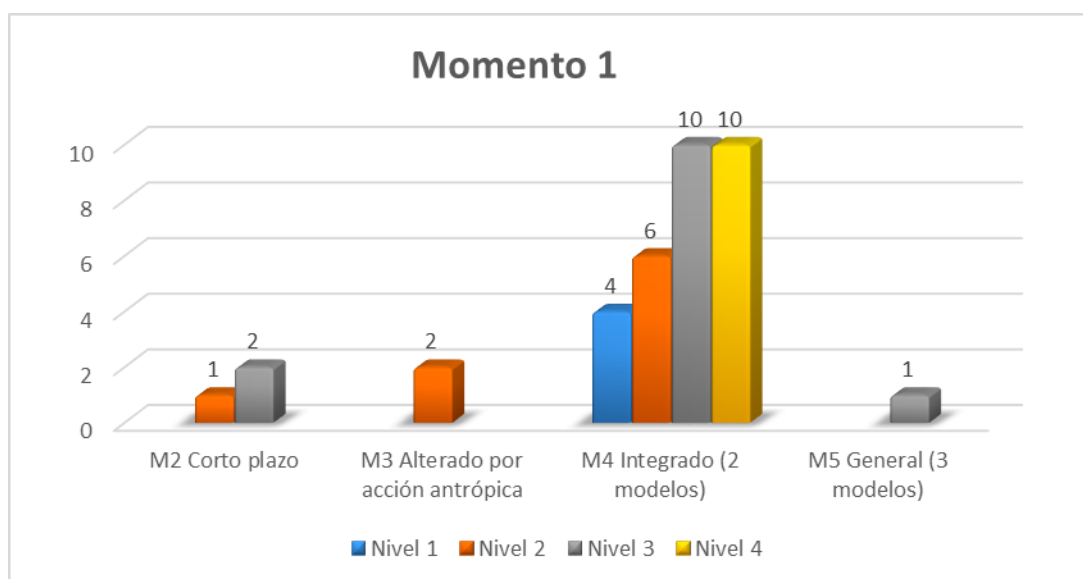
P2. ¿De qué forma piensas que pueden los seres vivos obtener el carbono que necesitan?

P3. ¿Cómo crees que se vería afectado el ciclo si las concentraciones de CO₂ son muy elevadas?

Teniendo en cuenta las respuestas de los estudiantes se recurrió a la **Tabla 4**, donde se relacionan los modelos explicativos del ciclo del carbono. Esta tabla, se encuentra fundamentada en los elementos conceptuales del ciclo del carbono (Ver **Tabla 3**, en el capítulo 2) y los autores que aportaron el fundamento teórico. De esta manera, los datos fueron tabulados, analizados triangulados e interpretados, para identificar los modelos explicativos del ciclo del carbono de los estudiantes.

Respecto a la ubicación que se le dio a cada estudiante en los niveles argumentativos, se identificaron en las respuestas los elementos argumentativos: Dato (D), Conclusión (C), Justificación (J), Refutación (R), Respaldo Teórico(RT) que estos aportaron (Ver **Tabla 1** del capítulo 2) y finalmente, se ubicaron en los niveles argumentativos (Ver **Tabla 5**), que van desde el nivel 1 hasta un nivel 8, propuestos por Ruiz et al. (2015).

Para comprender cuáles son los niveles argumentativos de los estudiantes y los modelos explicativos que tienen del ciclo del carbono en este primer momento se muestran a continuación los resultados obtenidos:



Gráfica 1. Niveles argumentativos predominantes y modelos explicativos iniciales del ciclo del carbono en el momento 1. Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la **Gráfica 1**, el modelo explicativo M4 (modelo que integra elementos conceptuales de dos modelos) fue el más común (30 estudiantes). De igual manera, los niveles 3 y 4 de argumentación fueron los predominantes en dicho modelo, lo cual indica que los estudiantes aportaron argumentos en los que se identifican con claridad los datos y una o más conclusiones y justificaciones que dan una garantía a la tesis planteada (Ruiz et al., 2015). En consecuencia, se infiere que los argumentos son sencillos, puesto que algunos de los elementos son de carácter básico (Toulmin, 2007, p.135).

También se observa como un estudiante en sus respuestas proporcionó elementos conceptuales que lo ubicaron en el modelo M5 (modelo general), ya que relacionó elementos conceptuales de los tres modelos del ciclo del carbono. Igualmente, aportó datos y conclusiones que guardaron relación y lo ubicaron en el nivel 3 de argumentación. Ningún estudiante en sus respuestas mostró que el modelo ciclo del carbono a largo plazo fuera el único en el que apoyara sus datos, conclusiones o justificaciones. Sin embargo, algunos de los estudiantes lo tuvieron en cuenta integrándolo con otro modelo, bien fuera que nombrara elementos conceptuales del modelo del ciclo a corto plazo, o elementos conceptuales del ciclo modificado por acción antrópica.

De este modo, los estudiantes de manera individual expresaron sus propios MEE del ciclo del carbono durante las diferentes etapas de aprendizaje que han tenido a lo largo de su vida escolar, mostrando que tienen su propia comprensión, personal y única, del papel que tienen los MECC (Aragón, 2007b). Esta dimensión individual, posibilitó que mostraran sus herramientas

de pensamiento, las cuales fueron necesarias para permitirles participar en los procesos argumentativos que se llevaron a cabo (Tamayo, 2012).

Hay que hacer notar que para tener una mejor comprensión de los modelos explicativos que muestran lo estudiantes y sus niveles argumentativos, se debe partir de lo que contestaron a las preguntas planteadas. Por tal motivo, se presentan a continuación las respuestas de algunos estudiantes (representados por la letra E, seguida del número que lo identifica). Así, a las P1, P2 y P3, el estudiante E23 respondió respectivamente:

E23R1: “cada vez se encuentra más carbono (C) y hacen diferentes formas de hacer el carbono” (C).

E23R2: “los seres vivos pueden obtener el carbono de la tierra (C), en las minas excavando (D), explotando (D), de las plantas (D), vegetales (D), del agua (D), del oxígeno” (D).

E23R3: “el ciclo se ve afectado de tal manera (C) que produce derrumbes, falta de agua, falta de oxígeno” (D).

Nótese que el estudiante al utilizar elementos argumentativos como datos y conclusiones muestra argumentos muy básicos, lo cual lo ubica en un nivel 2 de argumentación. Por consiguiente, cuando proporciona datos tales como: “*en las minas excavando (D), explotando (D), de las plantas (D), vegetales (D), del agua (D), del oxígeno (D)*” son hechos que apoyan la tesis (C) que plantea: “*los seres vivos pueden obtener el carbono de la tierra*” y aunque su

relación no es muy fuerte, de cierta manera los relaciona, ya que ofrece datos sobre cómo los seres vivos (no especificados) pueden obtener el carbono. Además, los hechos que relaciona el estudiante en las tres respuestas no son llevados a cabo en escalas temporales de millones de años, lo que permite inferir que el M1 ciclo del carbono a largo plazo está ausente.

Ahora bien, al referirse a “*derrumbes, falta de agua y falta de oxígeno*” si bien son datos que se vinculan directamente con los elementos conceptuales del ciclo del carbono modificado por acción antrópica (Brusi et al., 2013), se relacionan con la conclusión. De tal manera que, aunque no muestran una relación fuerte, los asocia con los fenómenos ocurridos en el modelo M3. No obstante, si bien puede estar fundamentado en contenidos curriculares de procesos escolares previos también puede ser la representación de ambientes cotidianos (Orrego et al., 2013). Así, cuando afirma que el carbono no se agota porque los seres vivos “*hacen diferentes formas de hacer el carbono*” se infieren procesos básicos de fotosíntesis, respiración y/o descomposición, lo cual implicó que el estudiante hiciera uso de sus habilidades cognitivas, mostrando la asimilación de contenidos curriculares (Revel et al., 2014).

Por otra parte, cuando expresa que la “*falta de oxígeno*” está relacionada con el incremento del CO₂ hace alusión al descenso en la tasa de fotosíntesis, lo cual se relaciona con el M3, ciclo del carbono modificado por acción antrópica (Jaramillo, 2004; Duarte et al., 2006; Martín-Chivelet, 2010; Vilches y Gil, 2011; Brusi et al., 2013). Según Tamayo (2012) un nivel bajo de argumentación (1 o 2) ofrece datos y conclusiones que al carecer de justificación no permite vincular a estos elementos argumentativos. Por consiguiente, aunque se identificaron los

elementos conceptuales de los MECC, estos no fueron suficientes para decir que el estudiante mostró un M2 o M3 bien estructurados.

Asimismo, el E21 a la P1 respondió, *E21R1*: “*aunque todos los seres vivos utilizamos el elemento este se restaura en algunas plantas (C) como el dióxido de carbono que por medio de la fotosíntesis (D) pasa a este en forma de oxígeno (D) para después repetir el proceso una y otra vez*” (J). En esta respuesta el estudiante aporta varios datos para explicar que el carbono es un elemento que se mantiene en constante movimiento, pues al relacionar datos como “*dióxido de carbono que por medio de la fotosíntesis*”, es claro notar que hace referencia al ciclo del carbono a corto plazo (M2), puesto que la fotosíntesis es uno de los procesos fundamentales en este ciclo (Berner, 2004; Jaramillo, 2004; Duarte et al., 2006; Martín-Chivelet, 2010).

Igualmente, cuando dice “*pasa a este en forma de oxígeno*” aportó datos que dieron apoyo a la tesis que estableció, donde las plantas tienen un papel fundamental en el ciclo al liberar oxígeno producto de la fotosíntesis. Sin embargo, la forma como vincula el dato a la conclusión permite identificar un error conceptual sobre la forma como se da el proceso. Cuando el estudiante habla de “*repetir el proceso una y otra vez*” está dando validez al vínculo establecido entre los datos y la tesis, puesto que apoya que el carbono se mueve de forma constante en un ciclo. De este modo, es notable que, al responder de manera escrita a este enunciado, la argumentación tuvo como finalidad proponer aportes que son significativos para el estudiante, al presentar datos que sirvieron para justificar el modelo explicativo que tiene sobre el carbono (Revel et al., 2005).

Ahora bien, a la P2 el estudiante respondió:

E21R2: “El carbono no lo conseguimos los seres vivos (C), sino, que este ha estado en la atmósfera desde millones de años (C), los seres vivos lo utilizamos por medio de la respiración (D), este además sirve para complementar otros elementos para hacer compuestos” (J).

Nótese que pueden identificarse varios elementos argumentativos, como conclusiones, un dato y una justificación. Por lo tanto, al presentar estos elementos su argumento se encuentra en el nivel 4 (Ruiz et., al 2015). Aunque la calidad de los argumentos depende en gran medida de las justificaciones que presente (Jiménez-Aleixandre y Díaz, 2003) no se puede decir que este argumento es de alta calidad, dado que por un lado tiene la estructura de un argumento simple (Toulmin 2007, p.135). Además, cuando hizo referencia que el carbono “*sirve para complementar otros elementos*” propuso una garantía con la que pretendió dar validez a la conclusión y los datos, no obstante, sus conocimientos se mostraron generalistas, vagos e indefinidos (Mora, 2002).

Por otro lado, cuando dice que “*El carbono no lo conseguimos los seres vivos, sino que este ha estado en la atmósfera desde millones de años*”, expone elementos conceptuales del ciclo del carbono a largo plazo. Esto, en relación a que la atmósfera es un sitio de almacenaje del elemento a grandes escalas de tiempo, las cuales el estudiante vincula cuando hace mención de “*millones de años*”. Esta conclusión, es una respuesta directa al cuestionamiento planteado, lo que la convierte en la tesis del argumento, refiriéndose a las respuestas que se dan de forma típica en el aula de clase (MacNeill y Krajcik 2007, citado por Pinochet 2015). Esto, abre la

posibilidad que el estudiante manifieste sus opiniones, sin importar que tenga un MEE que no esté muy cercano al MECC. Por lo tanto, dicho conocimiento pudo ser significativo para él y logró sobrepasar las expectativas que se tenían, visto que fue uno de los pocos estudiantes que en el momento 1 incluyó elementos conceptuales del M1, ciclo del carbono a largo plazo (Candela, 2006).

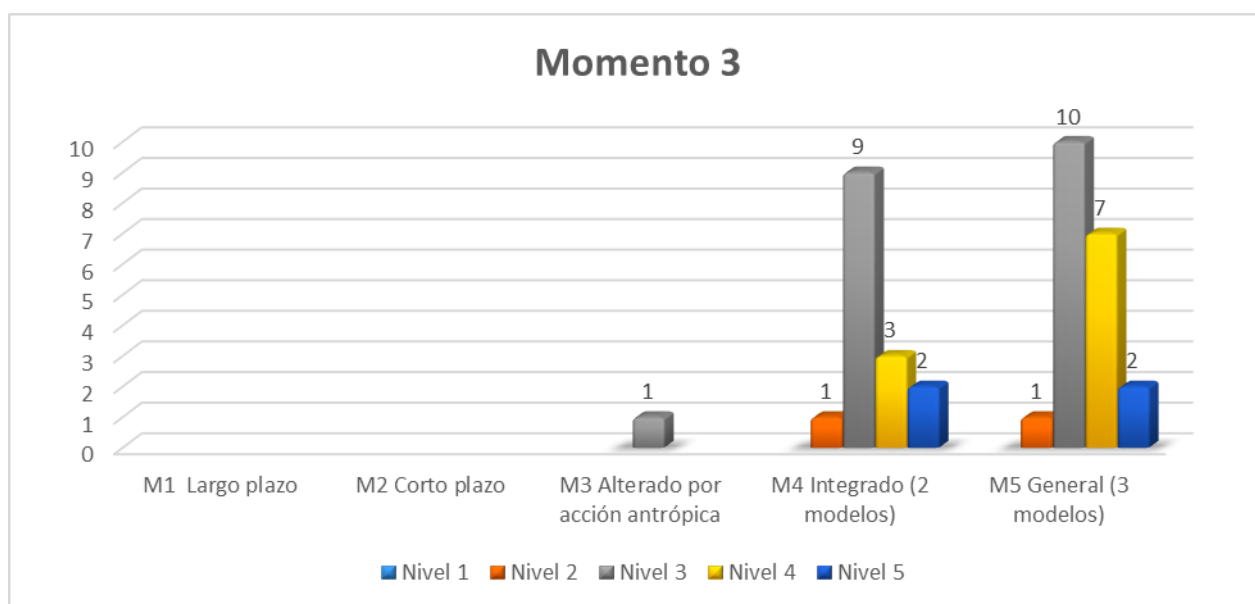
Otro de los aspectos que se logró identificar en este momento 1 fue en lo que respecta a algunos obstáculos epistemológicos. Uno de ellos de tipo molecular, por ejemplo, se observó que en algunas respuestas la presencia del carbono está directamente relacionada con la del oxígeno. En el caso del *E31R1*: *“Porque la cantidad de carbono... se encuentra en la tierra o más que todo en el oxígeno”*, *E38R2*: *“porque el carbono es uno de los compuestos del oxígeno, que se expande por la atmosfera”*, *E19R2*: *“el CO₂ es el oxígeno los arboles nos ayudan a tener más CO₂ igual que la naturaleza”* y *E20R1*: *“las plantas arboles no lo han dejado que se acabe por que él está compuesto de oxígeno”*, aunque se infiere que hacen referencia a los procesos de fotosíntesis y respiración, se nota que hay confusión respecto a que el carbono y el oxígeno son elementos diferentes.

Así también, obstáculos de tipo utilitario y otros de tipo epistemológico pueden estar directamente relacionados con los contenidos vistos en los procesos de aprendizaje que han tenido los estudiantes (Mora, 2002). De modo que, las siguientes respuestas de carácter generalista señalan al ser humano como único ser vivo, el cual hace uso de todo lo que le rodea *E4R1*: *“nunca nuestros pulmones se quedarán con carbono”*, *E5R2*: *“así podrían los seres humanos o pueden obtener el carbón que ellos necesitan”*, *E7R2*: *“El carbono los seres*

humanos lo podemos conseguir respirando”, E6R2: “excavando en la superficie, en cuevas y en mares” y E11R3: “las personas empezaríamos a inhalar el aire contaminado y empezaríamos a sufrir enfermedades mortales para nuestra supervivencia”.

4.2 Momento 3 (Final)

Esta etapa muestra el análisis de los modelos explicativos y de los niveles argumentativos en las respuestas de los estudiantes para el momento final de la investigación. El cuestionario único (Ver Anexo 1) fue aplicado por segunda vez después de ser implementada la intervención didáctica. Se realizaron actividades que buscaron promover la competencia argumentativa y la movilización de los modelos explicativos de los estudiantes. Para analizar los modelos explicativos finales, se recurrió al igual que en el momento 1 a la tabla de elementos conceptuales del ciclo del carbono (Ver **Tabla 3** del capítulo 2). De igual manera, para analizar y ubicar los niveles argumentativos se tomó como referencia la rejilla de Ruiz et al. (2015). A continuación, se muestran los resultados que se alcanzaron:



Gráfica 2. Niveles argumentativos predominantes y modelos explicativos finales del ciclo del carbono en el momento 3. Fuente: Elaboración propia.

En la anterior gráfica, se pueden ver aspectos que para este momento resultan importantes y significativos. En primer lugar, en lo que respecta a los modelos explicativos, un estudiante de los 36 presentó elementos conceptuales se relacionaron con un solo modelo (M3), de modo que ya no hubo estudiantes que involucren elementos conceptuales pertenecientes al M1 o al M2 como única opción. En segundo lugar, se observa que los estudiantes en sus respuestas relacionan elementos conceptuales del M4 que integra dos de los modelos del ciclo del carbono (M1, M2 Y M3), mientras que para el M5 (modelo general), el cual en el momento 1 tuvo un solo estudiante, en este momento 3 pasó a presentarse en 20 estudiantes.

En cuanto a los niveles argumentativos, los estudiantes tuvieron una movilización notable. Por ejemplo, hay cero estudiantes con nivel argumentativo 1, lo cual indica que incorporaron elementos argumentativos que presentaron alguna relación, tales como conclusiones y datos. Otro aspecto que cabe resaltar es que 4 estudiantes presentaron nivel argumentativo 5, lo cual no sucedió en el primer momento. Por consiguiente, en sus argumentos se identificaron con claridad los datos, una o más conclusiones y al menos una justificación que relacionaron con claridad (Ruiz et al., 2015).

A manera de ilustración, se muestran las respuestas que dieron algunos estudiantes en este momento 3:

A las preguntas P1, P2 y P3 correspondientes al cuestionario único (Ver Anexo 1) el estudiante E8 respondió:

E8R1: “Porque al igual que cada ser vivo consume carbono, también cada ser vivo produce carbono (C), sea en la respiración (D), en la fosilización (D) o en cualquier otra actividad, estamos hechos de carbono (D), es un balance entre todo lo que hay en el mundo” (J).

E8R2: “El carbono lo podemos obtener en la tierra (C), en los fósiles(D), el dióxido de carbono en el aire (D), está en todas partes (D) y las plantas lo utilizan junto con otros elementos para poder realizar la fotosíntesis” (C).

E8R3: “Se vería muy afectado el ciclo ya que se necesitaría mucha más vegetación (C), no habría un balance entre el CO_2 y el O_2 (D) y no podríamos respirar (D), ya que estaríamos inhalando CO_2 que no nos sirve como el oxígeno” (J).

Al hacer una lectura general de las tres respuestas se pueden deducir varios aspectos tanto de los MEE que tuvo, como de su nivel argumentativo. Así, cuando el estudiante en la P1 responde que el carbono no se ha acabado *“Porque al igual que cada ser vivo consume carbono, también cada ser vivo produce carbono”* propone una conclusión (C) o tesis donde se infiere el M2 (ciclo del carbono a corto plazo), puesto que se muestran elementos conceptuales de este ciclo como son los procesos de fotosíntesis y respiración. Para esto, utiliza datos (D) tales como *“la respiración”, “la fosilización”, “estamos hechos de carbono” “en cualquier otra actividad”,* que utiliza como elementos justificatorios de la conclusión. Aunque el M2 se identificó claramente, el estudiante involucró un dato como fue la fosilización, el cual pertenece al M1 (ciclo del carbono a largo plazo) y que permite ver cómo el estudiante relaciona que los seres vivos no hacen parte únicamente del ciclo del carbono a corto plazo, sino que hacen parte de procesos que tardan grandes escalas de tiempo (Domic, 2011; Martín-Chivelet, 2010; Fairbridge, 1982).

Además, cuando justifica que el carbono no se ha acabado porque *“es un balance entre todo lo que hay en el mundo” (J)*, se infiere que el estudiante reconoce que el ciclo del carbono incluye múltiples procesos en diferentes sitios. Así, la justificación la propuso como un enunciado hipotético que sirvió como puente para vincular a los datos con la conclusión (Toulmin, 2007; Ruiz, 2012; Pinochet, 2015). De igual manera ocurrió en la pregunta 2, donde proporcionó datos (D) que apoyaron la conclusión sobre cómo los seres vivos obtienen el carbono: *“obtienen carbono en la tierra” (C) en los fósiles (D), el dióxido de carbono en el aire (D), está en todas partes (D)”*. Estos datos son identificados como elementos conceptuales del

M1 (fossilización) (Fairbridge, 1982; Jaramillo, 2004; Uriarte, 2003; Berner, 2004) y del M2 (flujo de carbono entre sitios de almacenaje como el suelo y el aire, fotosíntesis y respiración) (Berner, 2004; Uriarte, 2003; Duarte et al., 2006; Martín-Chivelet, 2010; González et al., 2014; Garófalo et al., 2014). Por consiguiente, cuando el estudiante intentó justificar, se valió de conocimientos científicos para relacionar a los datos con la conclusión y de esta manera fundamentar su razonamiento (Aragón, 2007a).

Así mismo, en la respuesta 3 a cerca de la alteración del ciclo si las concentraciones de CO_2 se incrementan mostró elementos conceptuales del M3 (modificado por acción antrópica). Así pues, cuando propuso la conclusión: *“se vería muy afectado el ciclo ya que se necesitaría mucha más vegetación”* (C), se puede inferir que al expresar *“se necesitaría mucha más vegetación”* identifica que, la existente no es suficiente. Esto a su vez puede relacionarse con pérdida de biota, deforestación, agotamiento de sitios de almacenaje y descenso en la tasa de fotosíntesis (Keeling et al., 1976; Uriarte, 2003; Couchoud, 2004; Saugier y Pontauiller, 2006; Duarte et al., 2006; Martín -Chivelet, 2010; Vilches y Gil, 2011; Brusi et al., 2013; Le Quéré et al., 2015). Por consiguiente, los elementos conceptuales del M3 se hacen notorios, pues al decir que: *“no habría un balance entre el CO_2 y el O_2 ”* y *“no podríamos respirar”* se evidencia la ruptura del ciclo del carbono a corto plazo, lo cual está directamente relacionado con la capacidad de modificación que tiene el hombre a la superficie terrestre (Keeling et al., 1976; Uriarte, 2003; Couchoud, 2004).

En definitiva, la intervención didáctica jugó un papel importante en este momento 3, debido a que como se explicó con anterioridad tuvo varios componentes, entre ellos los episodios argumentativos que se dieron en torno a temas socio-científicos que se basaron en el conocimiento científico, permitiendo que se construyera conocimiento, tanto del ciclo del carbono como en los niveles argumentativos (Ruiz et al., 2005; Ruiz, 2007; Ruiz et al., 2013b). De igual manera, se notó una alfabetización científica ya que el lenguaje utilizado al justificar las ideas que tuvo respecto a las preguntas del cuestionario único, incorporó elementos conceptuales de los diferentes modelos del ciclo del carbono (Puig, 2010). Por esta razón, el estudiante mostró un M5 en cuanto a sus modelos explicativos (Modelo general, que integra elementos conceptuales de M1, M2 y M3) y en cuanto al nivel argumentativo se ubicó en el nivel 4, en vista de que se identificaron con claridad los datos, conclusiones y justificaciones que intentó relacionar (Ruiz et al., 2015).

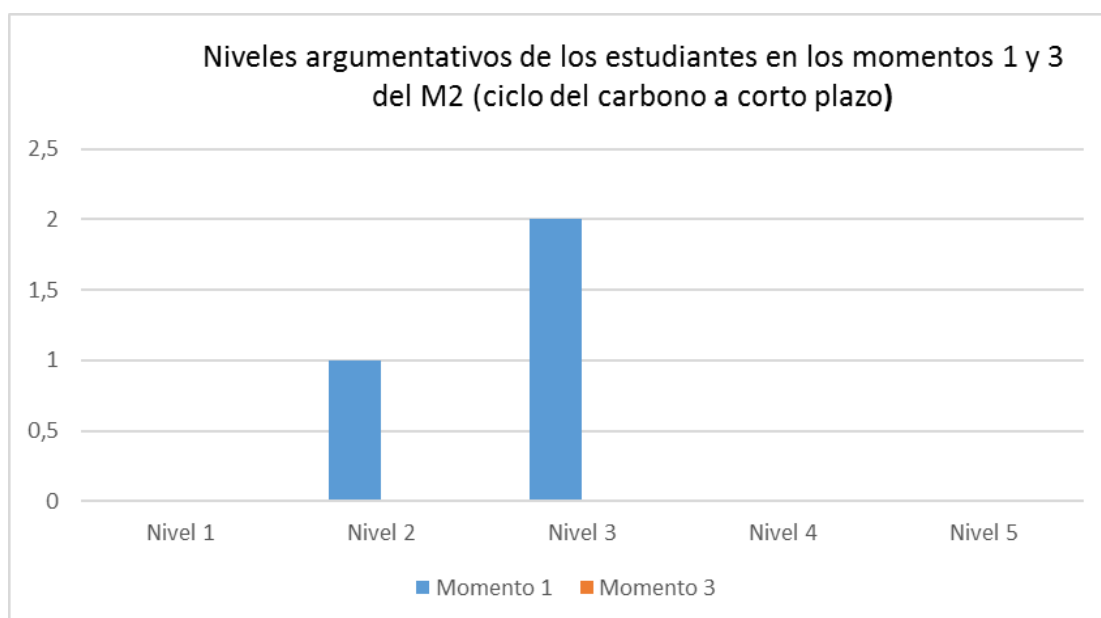
4.3. Análisis comparativo entre los momentos 1 y 3

Para identificar si hubo movilizaciones en cuanto a los niveles argumentativos y transformaciones en los modelos explicativos del ciclo del carbono en los estudiantes que hicieron parte de esta investigación se muestran algunos aspectos que resultaron relevantes durante los momentos 1 y 3, los cuales tuvieron como punto de referencia la secuencia didáctica (Ver Anexo 3).

Recapitulando los resultados obtenidos en los dos momentos hay que destacar que el modelo explicativo del ciclo del carbono a largo plazo (M1) no fue identificado como única opción en las respuestas de los estudiantes. Si bien se encontraron elementos conceptuales de dicho modelo en las respuestas, también se encontraron otros elementos conceptuales, razón por la cual hizo parte de los modelos explicativos M4 (integrado) y M5 (general). Teniendo en cuenta esta situación, se relacionan a continuación los resultados de los niveles argumentativos de los 36 estudiantes para los modelos explicativos (M2, M3, M4 y M5).

4.3.1 Análisis comparativo de los niveles argumentativos respecto al modelo explicativo M2 (Modelo que aporta elementos conceptuales del ciclo del carbono a corto plazo) en los momentos 1 y 3.

Como ya se mencionó, para comprender cuáles fueron los niveles argumentativos que tuvieron los estudiantes antes y después de intervención didáctica respecto al modelo explicativo M2, el cual fue identificado en las respuestas de algunos estudiantes, se muestra a continuación la **Gráfica 3** que ilustra dicho resultado:



Gráfica 3. Niveles argumentativos predominantes en el modelo explicativo ciclo del carbono a corto plazo (M2) en los momentos 1 y 3. Fuente: elaboración propia

Así, la anterior gráfica permite observar que este modelo explicativo (M2) durante el momento 1 fue el único modelo en 3 estudiantes, los cuales fueron ubicados en los niveles 2 y 3. Por otro lado, en el momento 3 no fue el único modelo explicativo identificado en las respuestas de los estudiantes. Para ilustrar un ejemplo de dicho modelo explicativo como única opción en el momento 1, a la pregunta P1: Si cada ser vivo necesita carbono, ¿por qué no se ha acabado? se muestran las respuestas que dieron los estudiantes E22 y E35:

E22R1: “Porque gracias a que este es un gas natural de la tierra (C) todos los seres humanos podemos respirar con este carbono (D), igual el carbono nunca se acaba siempre hay la misma cantidad de carbono en la tierra (C) porque al expulsar el aire que respiramos sale carbono” (D).

E35R1: *“Porque se supone que viene de la tierra (C) y si el carbono no se ha acabado es porque el carbono en la tierra crece más cada día (C) como las plantas que no se acaban (D) y también a través del aire” (D).*

Cuando los estudiantes proporcionaron datos como: *“todos los seres humanos podemos respirar”*, *“al expulsar el aire que respiramos”*, *“como las plantas que no se acaban”* y *“a través del aire”* se identificaron claramente elementos conceptuales del M2 (ciclo del carbono a corto plazo) tales como la respiración, la fotosíntesis y reservas de carbono atmosférico (Berner, 2004; Uriarte, 2003; Duarte et al., 2006; Martín-Chivelet, 2010; González et al., 2014; Garófalo et al., 2014). Estos datos, fueron propuestos para dar apoyo a las conclusiones del por qué no se ha acabado el carbono. Así, al analizar las conclusiones: *“es un gas natural de la tierra”*, *“nunca se acaba siempre hay la misma cantidad de carbono en la tierra”*, *“porque se supone que viene de la tierra”*, se reconocen elementos conceptuales que refuerzan el M2, puesto que se infiere que los estudiantes identifican la rizosfera y la atmosfera como reservas del elemento (Martín-Chivelet, 2010).

En cuanto al nivel argumentativo, se ubicaron en un nivel 3 en tanto que sus datos y conclusiones presentaron poca relación (Ruiz et al., 2015). Por ejemplo, cuando el E22 planteó que el carbono es como un *“gas natural”*, fue identificado como un obstáculo epistemológico desde su conocimiento general, dado que su fundamento fue indefinido y muy amplio para describir el fenómeno (Mora, 2002). De igual manera, el estudiante aportó elementos conceptuales que mostraron al hombre y la tierra como los únicos factores en el ciclo del carbono a corto plazo, lo que se constituyó como un obstáculo respecto a su conocimiento, el

cual fue pragmático y utilitario (Mora, 2002). En cuanto al estudiante E35, planteó que el carbono no se ha acabado porque *“el carbono en la tierra crece más cada día”*, evidenciando así un obstáculo de tipo animista, ya que dio al carbono características de un ser vivo (Mora, 2002). Por consiguiente, estos obstáculos se constituyeron en factor determinante para el diseño de la secuencia didáctica del ciclo del carbono (Tamayo et al., 2011; Tamayo, 2013).

Ahora bien, después de diseñar y aplicar la secuencia didáctica del ciclo del carbono, se lograron alcanzar objetivos que dieron un cambio al modelo tradicional de recepción – transmisión, puesto que se propiciaron espacios donde se desarrollaron procesos de pensamiento (Ruiz, 2007) y donde también se implicaron procesos que permitieron razonar, utilizar la información científica y comunicar (Sanmartí, 1996). Así pues, se lograron evidenciar tanto la transformación de los modelos explicativos del ciclo del carbono como la movilización en los niveles argumentativo de los estudiantes. Para demostrar lo anterior se exponen a continuación las respuestas del estudiante E22 a las tres preguntas del cuestionario. Así, a la P1 respondió, *E22R1: “Pues hay un ciclo que permite que este se fabrique y nosotros obtenerlo (C) pero si este ciclo se daña podemos morir por exceso o por falta de carbono” (R).*

En esta respuesta el estudiante identifica la presencia de un ciclo, el cual mantiene en constante movimiento al carbono, sin embargo, no especifica en qué sitios se mueve el carbono ni tampoco las escalas de tiempo en los que circula. Así, al mencionar que en el ciclo del carbono *“se fabrique”* puede referirse a procesos de fotosíntesis y respiración (M2, modelo que aporta elementos conceptuales del ciclo del carbono a corto plazo), pero su respuesta es muy generalista (Mora, 2002). Además, cuando en la respuesta *“pero si este ciclo se daña”*, nótese que la

expresión “*pero*” adquirió la característica de cualificador modal, puesto que lo utilizó para condicionar la conclusión, que a su vez, le dio el atributo de refutación (Toulmin, 2007; Ruiz, 2012; Pinochet 2015).

Lo anterior también permitió identificar que, aunque reconoce que el ciclo del carbono existe, en caso de ser alterado generaría consecuencias negativas, lo cual está relacionado con el modelo M3 (ciclo del carbono modificado por acción antrópica). En cuanto a la estructura del argumento, en esta respuesta no presentó datos ni justificación, sin embargo, la refutación fue evidente, así la respuesta fue ubicada en un nivel de argumentación 6 (Ruiz et al., 2015). Esto por su parte no garantizó que el argumento fuera de alta calidad, en vista de que hicieron falta datos que tuvieran relación con los elementos conceptuales de cada modelo (Tamayo, 2012).

Ahora bien, en la pregunta P2, el E22 respondió: “*Alimentándonos, respirando, los combustibles fósiles (D) para poder obtener nuestra glucosa que necesitamos para poder realizar nuestras actividades(C) y también la necesitamos para nuestro beneficio(C) cómo el combustible la gasolina*” (D). En esta respuesta se identificaron datos tales como “*alimentándonos, respirando, los combustibles fósiles*”. De esta manera, se observaron elementos conceptuales tales como respiración metabólica y nutrición heterótrofa que se relacionan con el M2, modelo a corto plazo (González et al., 2014; Garófalo et al., 2014).

Por otro lado, cuando proporcionó datos como “*combustible fósil*”, el cual además es usado para “*nuestro beneficio*”, hacen manifiestos que el uso de dicho combustible es una actividad realizada por la especie humana y aunque menciona que es benéfico, autores como Arrhenius, (1896); Keeling et al. (1976); Martín-Chivelet, (2010); Brusi et al. (2013); Le Quéré et al. (2015)

manifiestan que el uso de combustible fósil ha traído cambios drásticos al planeta y al ciclo del carbono directamente. En cuanto a su nivel argumentativo proporcionó datos y una o más conclusiones que presentaron una relación, por lo que le fue ubicado en un nivel 3 de argumentación (Ruiz et al., 2015).

Para finalizar, en la P3 cuando el estudiante manifestó, *E22R3: “que si se elevan las concentraciones CO₂ podemos morir(C) las plantas se marchitan (D) y morirían (D) lo mismo con todos los seres vivos (D), este se subiría por exceso de automóviles y por las fábricas” (J)*, se observó cómo al igual que en las respuestas anteriores, el estudiante plantea que al alterarse la concentración de carbono las consecuencias son negativas. Así, la conclusión los datos y la justificación están relacionados con elementos conceptuales del modelo explicativo M3, tales como industrialización, pérdida de biota, uso de combustible fósil, baja en la tasa de fotosíntesis (Jaramillo, 2004; Duarte et al., 2006; Martín-Chivelet, 2010; Vilches y Gil, 2011; Brusi et al., 2013).

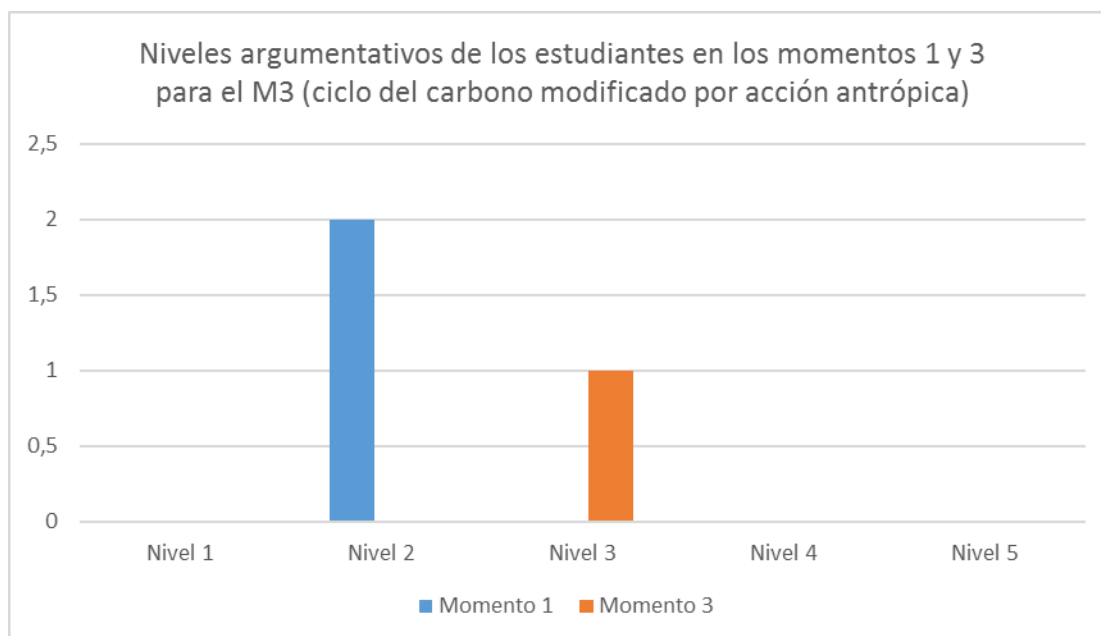
Vale la pena decir que, la justificación *“se subirían por exceso de automóviles y por las fábricas”* vinculó de manera implícita los datos con la conclusión. Así, Tamayo (2012) resalta que para dar mayor validez al argumento es necesario dar garantías. Por consiguiente, el estudiante mostró no sólo las consecuencias de las concentraciones de CO₂, sino que también, relacionó de forma directa al ser humano con las actividades que realiza. En cuanto a su nivel argumentativo para esta pregunta, se ubicó en un nivel 4 por mostrar elementos argumentativos tales como datos, conclusión y una justificación que intentó relacionar con los elementos mencionados (Ruiz et al., 2015).

Por tal motivo, las respuestas del estudiante E22 a las P1, P2 y P3 son un ejemplo de los argumentos y modelos explicativos de los estudiantes que pasaron de mostrar un M2 (modelo que aporta elementos conceptuales del ciclo del carbono a corto plazo) como única opción a un M4 (modelo que aportó elementos conceptuales integrados, correspondientes a dos de los modelos del ciclo del carbono M2 y M3). En cuanto a sus niveles argumentativos se observó como en el momento inicial se ubicó en un nivel argumentativo 3, donde aportó datos y una o más conclusiones. Por otro lado, al analizar las 3 respuestas en el momento final se identificaron en general elementos argumentativos como datos, conclusiones y al menos una justificación que procuró relacionar con los demás elementos, otorgándole así un nivel 4 de argumentación (Ruiz et al., 2015).

Finalmente, el lenguaje científico de los estudiantes mejoró sustancialmente después de la intervención didáctica, que se evidenció cuando incorporó elementos conceptuales correspondientes a dos de los modelos explicativos del ciclo del carbono. A su vez, estos elementos conceptuales estuvieron relacionados con la estructura de sus argumentos, debido a que con el uso de datos, conclusiones y justificaciones el estudiante logró explicar el fenómeno relacionado en cada una de las preguntas (Tamayo, 2012; 2013).

4.3.2 Análisis comparativo de los niveles argumentativos respecto al modelo explicativo M3 (Modelo que aporta elementos conceptuales del ciclo del carbono modificado por acción antrópica) en los momentos 1 y 3.

Para identificar los niveles argumentativos de los estudiantes en el modelo M3, se muestra en la **Gráfica 4** los resultados que se obtuvieron:



Gráfica 4. Niveles argumentativos predominantes en el modelo explicativo del ciclo del carbono modificado por acción antrópica (M3) en los momentos 1 y 3. Fuente: Elaboración propia.

Partiendo de la gráfica, en el momento 1 (inicial) hubo dos estudiantes que en sus respuestas relacionaron solamente elementos conceptuales correspondientes al M3, mientras que en el momento 3 (final) sólo un estudiante los tuvo. Además, los estudiantes pasaron de tener en este modelo explicativo un nivel 2 de argumentación en el momento inicial a un nivel 3 en el final, donde los datos y conclusiones se relacionaron.

Para comprender lo anteriormente mencionado, se muestran entonces como en el momento inicial a la P3 responde el E29R3: *“Pues porque está contaminado (D) y destruyendo (D) ya que están muy elevados (D) podemos afectar el medio ambiente” (C)*. En esta respuesta el estudiante relaciona las concentraciones elevadas de CO₂ con el ser humano, puesto que primero identifica que se encuentran “elevados” (Arrhenius, 1896; Keeling et al., 1976; Le Quéré et al., 2015) y segundo se refiere a que “está contaminado y destruyendo”, lo cual se vincula directamente con actividades humanas (Le Quéré et al., 2015). La relación entre los datos y la conclusión es muy poca, debido a la forma como estructura el argumento.

Ahora bien, en el momento 3 a la P1 el estudiante E27R3 respondió: *“porque es algo que nosotros mismos necesitamos si ayudamos a que todo sea un ambiente mucho más limpio”*, a la P2, E27R2: *“yo pienso que de la forma en que nosotros mismos también cambiemos muchas cosas para que ellos tengan una muy buena forma de conseguir lo que quieren”* y a la P3, E27R3: *“está muy elevada y puede que haya cambios o sea que los cambios climáticos pueden aumentar o pueden bajar”*. Por tanto, hay varios elementos conceptuales que se identificaron en estas 3 respuestas donde el ser humano es el actor principal. Si bien podría tomarse como un obstáculo epistemológico de tipo utilitarista como lo plantea Mora (2002), hay algunos aspectos que pueden estar relacionados con elementos conceptuales del M3 (modelo ciclo del carbono modificado por acción antrópica).

En consecuencia, cuando expresó: *“si ayudamos a que todo sea un ambiente mucho más limpio”* se infiere que identifica las alteraciones que presenta el ciclo y que se ven reflejados en lo que observa del ambiente (Uriarte, 2003; Couchoud, 2004). Por otro lado, en la R2 manifestó

que “*de la forma en que nosotros también cambiemos muchas cosas*” identifica como la especie humana tiene la capacidad de modificación a la superficie terrestre (Keeling et al., 1976; Martín-Chivelet, 2010; Vilches y Gil, 2011; Saugier y Pontailier, 2006; Le Quéré et al., 2015). Con respecto al nivel argumentativo, se identificaron elementos tales como datos y conclusiones los cuales relacionó, por lo tanto, se ubicó en un nivel 3 (Ruiz et al., 2015).

En el análisis de las respuestas donde se identificó el M3 (modelo que aporta elementos conceptuales del modelo ciclo del carbono modificado por acción antrópica) tanto en el momento inicial (antes de la intervención didáctica) como en el momento final (después de la intervención didáctica) se pueden hacer varias conclusiones respecto al MEE, al nivel argumentativo y a los obstáculos epistemológicos. Como resultado de la intervención didáctica, es probable que se hayan introducido datos, los cuales sirvieron de apoyo a la conclusión y de esta manera se movilizó de un nivel 2 a un nivel 3 de argumentación según la rejilla de orientación de Ruiz et al. (2015). Lo anterior puede estar asociado a que algunas de las actividades propuestas buscaron promover el análisis, explicación y debate de las actividades humanas (Ver Anexo 2).

En cuanto al modelo explicativo es importante reconocer que para introducir nuevos elementos conceptuales es necesario referirse a la enculturación, donde se tiene en cuenta el proceso de aprendizaje que traen los estudiantes y que implica modificaciones en los modelos que estos tienen (Henao, 2010, p.52). Dichos cambios están relacionados con la forma como se han incorporado nuevos elementos conceptuales, permitiendo que cada uno tenga sus propios modelos explicativos sobre los fenómenos que ocurren. Cabe resaltar que, los conceptos y

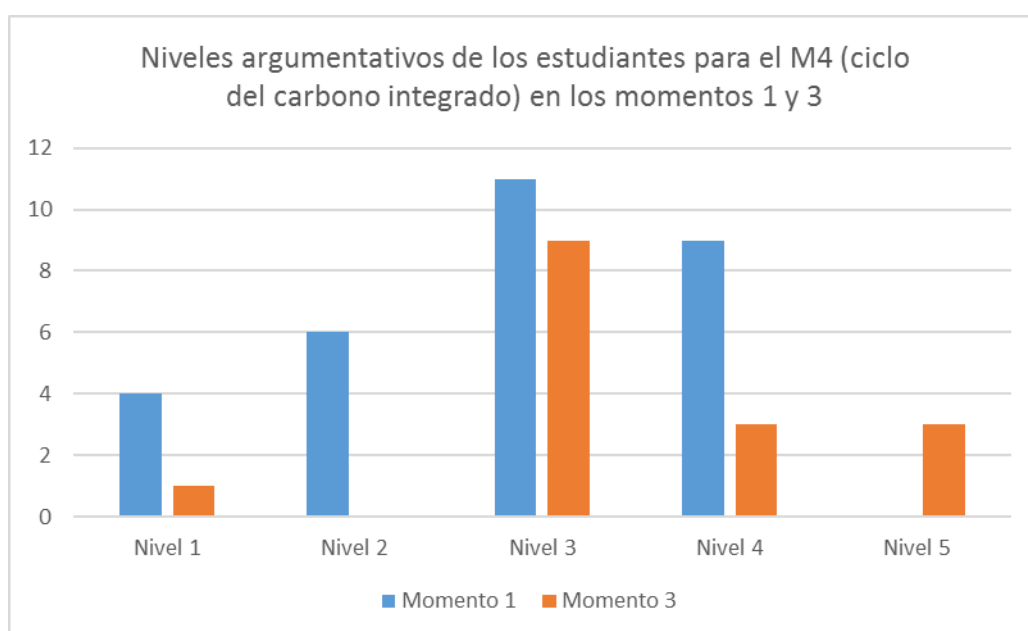
procesos de enseñanza aprendizaje que se tuvieron durante la intervención didáctica, si bien pudieron incorporar elementos conceptuales de otros modelos explicativos, también pudieron constituirse en obstáculos para acercarse a los MECC (Henao, 2010, p.25).

En relación con lo anterior, se identificaron algunos obstáculos como el utilitarista, donde a pesar de que fueron relacionados con los elementos conceptuales del M3, es evidente dicho obstáculo cuando el estudiante dice *“la forma en que nosotros mismos también cambiemos muchas cosas para que ellos tengan una muy buena forma de conseguir lo que quieren*. Por lo cual, el estudiante relaciona que los seres vivos tendrán el carbono que necesitan siempre y cuando el hombre se los proporcione. De modo que, puede constituirse en un obstáculo de tipo utilitarista donde el factor principal en el ciclo es el ser humano (Mora, 2002).

Por otro lado, se siguen presentando definiciones amplias para describir una situación, un ejemplo en particular se observó como a la P1. Si cada ser vivo necesita carbono, ¿por qué no se ha acabado?, el estudiante respondió, *E27R1: “Pues porque el carbono es algo muy necesario quiero decir que el carbono es algo muy fundamental porque es algo que nosotros mismos necesitamos”* lo que muestra una respuesta vaga e indefinida de tipo generalista, lo cual puede desencadenar un obstáculo epistemológico (Mora, 2002).

4.3.3 Análisis comparativo de los niveles argumentativos respecto al modelo explicativo M4 (Modelo que aporta elementos conceptuales integrados, correspondientes a dos de los modelos del ciclo del carbono (M1, M2, M3) en los momentos 1 y 3.

Para comprender los resultados que se tuvieron en los momentos inicial y final de la investigación, respecto a los niveles argumentativos de los estudiantes que presentaron un M4 o también denominado modelo explicativo integrado, se muestra a continuación la **Gráfica 5**.



Gráfica 5. Niveles argumentativos en el modelo explicativo M4 (modelo que integra elementos conceptuales de dos modelos del ciclo del carbono) en los momentos 1 y 3. Fuente: Elaboración propia.

Con base en la gráfica, los resultados muestran que en el momento 1 los estudiantes tuvieron niveles argumentativos desde el 1 (4 estudiantes), donde presentaron una o más conclusiones o presentaron datos, hasta el nivel 4, donde se identificaron con claridad los datos, una o más

conclusiones y al menos una justificación, que intentaron relacionar con los demás elementos. Para el momento 3, hubo niveles que fueron desde el nivel 1 (un estudiante) hasta el nivel 5, donde a diferencia del momento 1, la justificación se relacionó claramente con los demás elementos argumentativos (Ruiz et al., 2015). Además, el nivel argumentativo 2 no se evidenció en el momento 3 lo que permite identificar una movilización de los niveles 1 y 2 en el momento inicial a los niveles 3, 4 y 5 en el momento 3.

Respecto al modelo explicativo (M4/integrado) hay varios aspectos a tener en cuenta. Primero, en el momento inicial, hubo 30 estudiantes que combinaron elementos conceptuales de dos modelos del ciclo del carbono en el momento inicial. Estos, presentaron varios tipos de combinaciones de elementos conceptuales, los cuales se muestran en la **Tabla 7**.

Tabla 7

Estudiantes que combinaron dos de los modelos del ciclo del carbono en el momento 1 (inicial)

<i>Combinación de los modelos</i>	<i>Cantidad de estudiantes</i>
<i>M1 y M2</i>	6
<i>M2 y M3</i>	20
<i>M1 y M3</i>	4

Fuente: Elaboración propia.

Nótese el hecho que el número de estudiantes fue mayor de manera considerable respecto a la combinación de elementos conceptuales correspondientes a los modelos explicativos M2 y M3, lo cual muestra que antes de la intervención didáctica reconocían en mayor cantidad procesos que llevan a cabo las plantas, los animales y otros seres vivos (sin especificar) y el producto de los procesos de combustión, los cuales están asociados tanto al ciclo del carbono a corto plazo como al modificado por acción antrópica (Mohan y Anderson, 2009). Ahora bien, la **Tabla 8** muestra para el momento 3, cuales fueron los resultados que se tuvieron en cuanto al modelo integrado (M4) en los 36 estudiantes que hicieron parte de la investigación.

Tabla 8

Estudiantes que combinaron dos de los modelos del ciclo del carbono en el momento 3 (final)

<i>Combinación de los modelos</i>	<i>Cantidad de estudiantes</i>
<i>M1 y M2</i>	0
<i>M2 y M3</i>	15
<i>M1 y M3</i>	0

Fuente: Elaboración

propia.

Por consiguiente, los resultados de la **Tabla 8** pusieron de manifiesto como los estudiantes relacionan en mayor cantidad elementos conceptuales de los M2 y M3 y, por el contrario, ya no integran elementos conceptuales de los modelos M1 y M3. Probablemente, el resto de estudiantes que ya no aparecen con dichos modelos integrados pasaron a tener un M5 como se verá más adelante al analizar los niveles argumentativos en este modelo explicativo.

Para ejemplificar tanto el modelo explicativo integrado (M4) como el nivel argumentativo antes y después de la intervención didáctica, se muestran a continuación las respuestas del estudiante E33 a las preguntas (P1, P2 y P3) del cuestionario único, en el momento inicial y en el momento final. Así pues, en el momento inicial el estudiante E33 respectivamente respondió:

E33R1: “Porque las plantas expulsan el carbono (D) y como las ellas se pueden sembrar y reproducir (C) eso hace que haya más carbono” (J).

E33R2: “Sembrando y cuidando las plantas(C) para tener el carbono necesario que cada ser vivo necesita” (D).

E33R3: “Mal porque si las concentraciones del CO₂ son muy elevadas el gas que suelta puede contaminar el aire, agua, tierra(C) etc. Y si perjudica todo esto nosotros no podríamos vivir(J) aunque el CO₂ es necesario para poder respirar” (R).

En este momento 1, se identificaron algunos elementos conceptuales que corresponden al M2 y al M3. Por ejemplo, se identifican los procesos que son a corto plazo (fotosíntesis-respiración), los cuales hacen parte del M2 cuando se refiere a la expulsión de carbono por parte de las plantas y que son ellas las responsables de mantener el carbono en un ciclo, (Garófalo et al., 2014; González et al., 2014; Martín-Chivelet, 2010). No obstante, esto corresponde a una inferencia,

puesto que en ningún momento hace mención del lenguaje científico asociado a dichos procesos, lo que, a su vez muestra un nivel muy básico sobre el modelo. Asimismo, cuando se refirió a las concentraciones de CO_2 elevadas, las cuales “*pueden contaminar el aire, agua, tierra*”, planteó la conclusión (C) que el gas contamina. De esta manera se supone que el término “contaminar” esté relacionado con las actividades humanas, debido a que hace mención de diferentes sistemas superficiales que sufren el impacto y estos son elementos conceptuales del M3 (Vilches y Gil, 2011; Le Quéré et al., 2015).

Respecto a su nivel argumentativo se ubicó en un nivel 3, ya que aportó datos, conclusiones y una justificación que intentó relacionar entre sí. Hay que hacer notar que en la respuesta R3 presentó una refutación, cuando al mostrar los efectos negativos del incremento de CO_2 expresó al finalizar su respuesta el cualificador modal “*aunque*”, el cual consolidó el alcance que tuvo la justificación y lo vinculó con la conclusión (Toulmin, 2007; Ruiz, 2012; Pinochet, 2015). Luego, vino la refutación “*el CO_2 es necesario para poder respirar*”, la cual tuvo una condición de excepción o restricción, bajo la cual la conclusión perdió validez. Así, el estudiante tiene la concepción que el CO_2 es el gas que necesitan los seres vivos para respirar. Vale la pena aclarar que, a pesar de presentar una refutación y una justificación, los elementos que tuvo en común en las tres respuestas fueron los datos y las conclusiones que se relacionaron, por lo que cual se ubicó en un nivel argumentativo 3 (Ruiz et al., 2015).

Teniendo en cuenta lo anterior, se identificaron dos obstáculos epistemológicos, uno de ellos basado en sus conocimientos previos al referirse al CO_2 como el gas que necesitan los seres vivos para respirar y segundo de tipo utilitarista y pragmático, puesto que según el estudiante “*ellas se*

pueden sembrar y reproducir...eso hace que haya más carbono”, “sembrando y cuidando las plantas”. Nótese que el estudiante basa sus datos y conclusiones en el ser humano., el cual es el actor fundamental de los procesos relacionados con el carbono (Mora, 2002). Por tal motivo, estos obstáculos se constituyeron en parte fundamental en el diseño de actividades de la secuencia didáctica (Tamayo, 2013).

En segundo lugar, tenemos el análisis de las respuestas del momento 3 (final), el cual como ya se ha mencionado en varias oportunidades tuvo la característica de haber sido analizado después de la intervención didáctica. De esta manera, el estudiante E33 a las preguntas P1, P2 y P3 respectivamente respondió:

E33R1: “No se ha acabado porque este carbono tiene un proceso (C), haciendo que todo lo que consumamos de carbono, lo volvamos dióxido y otros componentes (D), haciendo que terminen el proceso (D) y se conviertan de nuevo en carbono” (D).

E33R2: “Respirando, comiendo, haciendo fotosíntesis (C), ya que el momento que los seres vivos respiran obtienen carbono (D), cuando las plantas hacen fotosíntesis obtienen carbono (D) entonces al momento que nosotros los animales lo digerimos también obtenemos carbono” (D).

E33R3: “Se verían afectadas ya que tanto CO₂ no podría ser procesado (C) ejemplo: las plantas al hacer fotosíntesis obtendrían todo el carbono (D), pero si toman más de lo necesario, no va hacer bien el procedimiento (C), ya que su tallo hojas y raíces van a estar llenas de carbono, así ahogando la planta” (J).

En cuanto a las respuestas que dio el estudiante E33 hay varios aspectos que se identificaron en este momento final. Para empezar, los elementos conceptuales que nombró se vincularon directamente con el modelo explicativo (M4) y de la misma manera que en el momento inicial, la combinación correspondió a los M2 y M3. Aunque no todos los estudiantes mostraron en el momento inicial esta combinación se escogió el caso de la E33 como representativo para mostrar el antes y el después de la intervención didáctica, a consecuencia de que los 15 estudiantes que tuvieron M4 como modelo explicativo, presentaron sólo esta combinación en el momento final.

En lo que corresponde a los elementos conceptuales del modelo explicativo M4 se pueden identificar aquellos que están relacionados con el M2 (modelo que aporta elementos conceptuales del ciclo del carbono a corto plazo) por ejemplo, cuando mencionó *“todo lo que consumamos de carbono, lo volvamos dióxido y otros componentes”*, *“al momento que nosotros los animales lo digerimos también obtenemos carbono”*, *“respirando, comiendo, haciendo fotosíntesis”*... *“el momento que los seres vivos respiran obtienen carbono”*, *“cuando las plantas hacen fotosíntesis obtienen carbono”* hace referencia a los procesos de óxido-reducción por nutrición heterótrofa (nutrición), fijación de carbono, fotosíntesis y respiración (Berner, 2004; Rojas y Doss, 2014; Jaramillo, 2004; Duarte et al., 2006; González et al., 2014; Garófalo et al., 2014)

Ahora bien, respecto a los elementos conceptuales del M3 no fueron tan evidentes como los del M2 por el lenguaje científico que empleó, sin embargo, se puede argüir que al mencionar: *“tanto CO₂ no podría ser procesado”*, *“si toman más de lo necesario, no va hacer bien el procedimiento”* *“su tallo hojas y raíces van a estar llenas de carbono, así ahogando la planta”*

pudo referirse a procesos relacionados con la modificación del ciclo por acción antrópica. Esto, en lo que se refiere al incremento de la temperatura, la cual genera una duplicación de la respuesta instantánea de la fotosíntesis por cortas temporadas, para luego darse un descenso en la tasa (Couchoud, 2004; Saugier y Pontailler, 2006; Duarte et al., 2006).

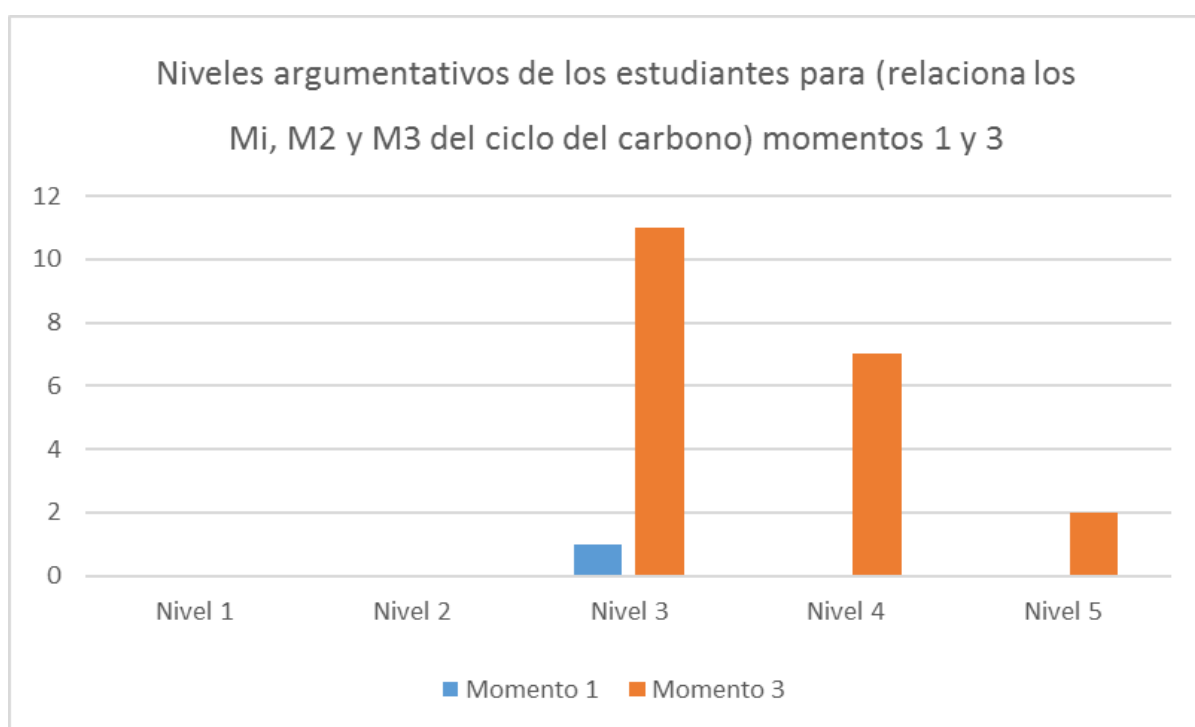
En cuanto al nivel argumentativo, el estudiante fue ubicado de nuevo en un nivel 3 de argumentación según la rejilla de Ruiz et al. (2015). Con relación a esto hay algunos aspectos que son importantes de mencionar, en primer lugar, el estudiante a pesar de mantenerse en el mismo nivel argumentativo mejoró sustancialmente en su argumento. En el momento inicial, presentó en sus respuestas dos datos, tres conclusiones, una justificación, un cualificador modal y una justificación que intentó relacionar. Para este momento final, se identificaron en las respuestas varios elementos argumentativos que aumentaron en cantidad, siete datos, cuatro conclusiones y una justificación.

Si bien la cantidad de elementos argumentativos no es un indicador que garantice que los estudiantes mejoraron sus argumentos, si lo es el cambio del lenguaje, el cual pasó de ser cotidiano, con términos muy generalistas (MEE) a un lenguaje que incorporó elementos conceptuales de los modelos explicativos de la comunidad científica (MECC) y esto se evidenció en los datos y conclusiones que aportó en el momento final (Mohan y Anderson, 2009; Orrego et al., 2012; 2013;). Así que, después de la intervención didáctica se encontraron más expresiones relacionadas con los modelos explicativos del ciclo del carbono (M2 y M3), los cuales fueron manifiestos con mayor propiedad. Por tal motivo su nivel argumentativo, aunque no cambió si mejoró respecto al momento inicial.

En relación con los obstáculos epistemológicos, al proponer el dato (D)... “*se conviertan de nuevo en carbono*” se identificó la confusión que tiene el estudiante frente a la comprensión que la materia puede reorganizarse, más no crear nuevos átomos (Mohan y Anderson, 2009). Por otro lado, relaciona el ahogamiento de la planta con la cantidad de carbono en los órganos, al expresar “*ya que su tallo hojas y raíces van a estar llenas de carbono, así ahogando la planta*”, lo cual es un fenómeno que no está asociado al carbono (Domic, 2011). Por consiguiente, el enunciado hipotético se constituyó en un obstáculo. De todas maneras, esta fue la justificación (J) que el estudiante dio al argumento con la que pretendió darle validez al vínculo entre datos y conclusión (Toulmin, 2007; Ruiz, 2012; Pinochet, 2015).

Ya para finalizar el análisis de los momentos inicial y final se muestran a continuación los niveles argumentativos que presentaron los estudiantes respecto al M5, el cual es considerado el más completo, puesto que incluye elementos conceptuales del ciclo del carbono a largo plazo, a corto plazo y las alteraciones que ha hecho el hombre a través de la historia. Esto en general, muestra la dinámica biogeoquímica del carbono en el planeta.

4.3.4 Análisis comparativo de los niveles argumentativos respecto al modelo explicativo M5 Modelo que aporta elementos conceptuales integrados, correspondientes a los tres modelos del ciclo del carbono (M1, M2 y M3) en los momentos 1 y 3.



Gráfica 6. Niveles argumentativos en el modelo explicativo M5 (modelo que relaciona los elementos conceptuales de los tres modelos del ciclo del carbono M1, M2 y M3) en los momentos 1 y 3

Fuente: elaboración propia.

Según la **Gráfica 6**, se puede evidenciar que el modelo explicativo M5 estuvo presente en un estudiante en el momento 1 (inicial), el cual además presentó un nivel argumentativo 3 según Ruiz et al. (2015). Mientras que, en el momento 3 (final) después de la intervención didáctica,

fueron identificados elementos conceptuales de los M1, M2 y M3 en veinte (20) estudiantes, los que a su vez presentaron niveles argumentativos desde el 3 hasta el 5. Además, es notorio que no se presentaron estudiantes con niveles 1 y 2 de argumentación. Para ilustrar la forma como los estudiantes incorporaron elementos conceptuales de los tres modelos desde el momento inicial hasta el momento final, se mostrarán primero la **Tabla 9**, luego las respuestas de diferentes estudiantes para lograr una mejor interpretación y comprensión de lo ocurrido.

Tabla 9

Relación de estudiantes que transformaron su modelo

explicativo inicial, a un modelo M5

<i>Relación de cambio</i>	<i>Cantidad de</i>
<i>Modelo Inicial vs Modelo</i>	<i>estudiantes</i>
<i>Final</i>	<i>que cambiaron de</i>
	<i>modelo</i>
<i>M1 a M5</i>	0
<i>M2 a M5</i>	1
<i>M3 a M5</i>	1
<i>M4 a M5</i>	17
<i>Mantiene el M5</i>	1

Fuente: Elaboración propia.

Para empezar, se analizarán las respuestas del estudiante E11, el cual mantuvo el M5 tanto en el momento 1(inicial) como en el momento 3 (final). Así, se buscará identificar si incorporó otros elementos conceptuales o si conservó los que tuvo en el momento inicial. De igual manera se procederá con los niveles argumentativos.

Con respecto al momento inicial, a la P1 Si cada ser vivo necesita carbono, ¿por qué no se ha acabado? el estudiante expresó, *E11R1: “El carbono en la tierra no se ha terminado (D) ya que además de haber gran cantidad en la tierra (C) es porque las plantas y/o arboles reciben el dióxido de carbono y nos lo intercambian por el oxígeno (C)”*. En esta respuesta se identificaron elementos conceptuales que bien podrían relacionarse con el ciclo del carbono a largo plazo (M1). De ahí que, la primera conclusión (tesis) del por qué no se ha acabado el carbono, el estudiante cuando anotó: *“ya que además de haber gran cantidad en la tierra...”* se entiende como las grandes reservas de carbono que hay en el planeta en sus diferentes sistemas superficiales agrupados en atmosfera, océanos, biosfera y suelos (Berner, 2004; Martín-Chivelet, 2010; Maldonado et al.,2007). Por otro lado, cuando propone la segunda conclusión *“es porque las plantas y/o árboles reciben el dióxido de carbono y nos lo intercambian por el oxígeno”* se identifican elementos conceptuales relacionados con el ciclo del carbono al corto plazo (M2) donde se está refiriendo a procesos de fotosíntesis y respiración. Estas dos conclusiones no están muy alejadas de los MECC, dado que mencionó conceptos científicos básicos, los cuales, tuvieron relación.

Sin embargo, se evidenciaron obstáculos y dificultades en la medida que vinculó la recepción directa del dióxido de carbono con las plantas/árboles, y del oxígeno con el resto de organismos, desconociendo que las plantas de igual manera utilizan el oxígeno en el proceso de respiración (Melillán et al., 2006; González et al., 2014; Garófalo et al., 2014). Por otro lado, cuando se refiere a “*nos lo intercambian por el oxígeno*” no hace mención de una clase de organismo en particular, lo cual puede constituirse en un obstáculo de tipo verbal, pues al decir “*nos,*” abarca muchos organismos y a la vez pocos. De igual manera, sucede con el concepto “*en la tierra*” el cual como expresa Mora (2002) podría resultar muy amplio y puede disminuir la solidez del argumento (Tamayo, 2012).

En cuanto a los elementos conceptuales del M3, fueron identificados cuando a las preguntas: P2, ¿De qué forma piensas que pueden los seres vivos obtener el carbono que necesitan? y P3, ¿Cómo crees que se vería afectado el ciclo si las concentraciones de CO₂ son muy elevadas? el estudiante expresó en medio de sus respuestas, *E11R2: “para obtener el carbono es plantando árboles, plantas (C)...hay gran abundancia de fábricas que contaminan el aire (C), especialmente en las ciudades principales de los países(D).* De igual manera anotó, *E11R3: “Los principales afectados serían los seres vivos” (C)...las personas empezaríamos a inhalar el aire contaminado (D), a sufrir enfermedades mortales para nuestra supervivencia (D) y de esta manera se iría acabando poco a poco la vida en la tierra” (J).*

De esta manera, se lograron identificar del modelo explicativo (M3), elementos conceptuales que hicieron referencia a la modificación que ha tenido el ciclo del carbono por acción antrópica. En particular, cuando aportó datos inmersos en la conclusión, que hicieron alusión a la cantidad

de fábricas en las principales ciudades de los países y que, además, contaminan el aire. En consecuencia, dichos datos y conclusiones están directamente relacionados con este modelo explicativo M3 (Le Quéré et al., 2015; Jaramillo, 2004; Domic, 2011). Ahora bien, respecto a la justificación (J)... *“y de esta manera se iría acabando poco a poco la vida en la tierra”* se constituyó en el alcance que tuvo la conclusión *“Los principales afectados serían los seres vivos”* al mostrar el nivel de afectación al alterar el ciclo, lo que a su vez desencadenaría la pérdida de biota y por ende de los sitios de almacenaje del carbono (Couchoud, 2004; Duarte et al., 2006; Domic, 2011; Le Quéré et al., 2015).

En este modelo explicativo (M3) también evidenciaron algunas dificultades que el estudiante mencionó para el modelo explicativo M2 en lo correspondiente a las plantas. En este sentido, cuando el estudiante E11 nombra a las plantas hace un vínculo con los árboles, por ejemplo, *E11R1: “es porque las plantas y/o arboles”* y *E11R2: “para obtener el carbono es plantando árboles, plantas”*. Véase como en las dos respuestas al mencionar a las plantas lo hace de manera singular, como si se tratase de especies u organismos diferentes. Esto, según Mora (2002) puede estar asociado a los conocimientos previos, en vista de que para mostrar los procesos de fotosíntesis y respiración se suele hacer uso de gráficos o diagramas que hacen parte del ciclo del carbono, pero al momento de ensamblar los componentes del ciclo, se presentan dificultades que pueden generar obstáculos en el aprendizaje (Maldonado et al., 2007).

En lo que respecta a su nivel argumentativo según la rejilla de orientación propuesta por Ruiz et al. (2015), el estudiante presentó un nivel 3 de argumentación, ya que aportó de forma constante, datos y conclusiones que tuvieron una estrecha relación. Esto, teniendo en cuenta que

los datos dieron solidez al argumento y las conclusiones estuvieron relacionadas. Además de utilizar un lenguaje científico cercano al modelo explicativo M5, dio una mirada cercana a los fenómenos que ocurren en él (Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2005).

En lo correspondiente al momento 3 (final) las respuestas no sólo del estudiante E11 sino de otros, permitieron identificar que un número considerable (1 estudiante en el momento inicial vs 20 estudiantes momento final) transformó sus modelos explicativos. De esta manera, las respuestas de los estudiantes que se muestran a continuación permitirán visualizar dichas transformaciones. Así, el estudiante E11 a las preguntas P1, P2 y P3 del cuestionario único, en el momento 3 (final) respondió:

E11R1: “El carbono no ha acabado, porque es un ciclo el cual se repite incansables veces (C); ya que las plantas expulsan oxígeno (D), posteriormente es absorbido por un ser vivo (D), este lo procesa y expulsa dióxido de carbono (D) el cual a su vez es absorbido por otra planta para reiniciar este proceso” (D).

E11R2: “Yo pienso que la forma más fácil de obtenerlo es, mediante el proceso de la respiración (C), también plantando árboles (C), si compramos una casa que tenga muy buenas zonas verdes, y buenos parques recreativos” (D).

E11R3: “Creo que la manera como se afectará el ciclo es porque al haber tanto CO₂, sería que no se alcanzaría a utilizar todo ese CO₂ (C), y muchas de las plantas no alcanzarían a hacer todo ese trabajo” (C).

Considerando que el E11 en la primera respuesta hizo referencia a que el carbono no se ha acabado porque: “*es un ciclo el cual se repite incansables veces*” se deduce que el estudiante

comprende que hay varios ciclos cortos, los cuales se acumulan en grandes escalas de tiempo “*incansables veces*”, esto hace referencia a elementos conceptuales del M1, ciclo del carbono a largo plazo (Berner, 1999 citado por Martín-Chivelet, 2010; Berner, 2004; Jaramillo, 2004)). Luego, cuando aporta datos que apoyan dicha conclusión: ... “*las plantas expulsan oxígeno (D), posteriormente es absorbido por un ser vivo (D), este lo procesa y expulsa dióxido de carbono (D) el cual a su vez es absorbido por otra planta para reiniciar este proceso (D)*” es evidente que tiene comprensión del modelo explicativo (M2), ciclo del carbono a corto plazo (Domic, 2011; González et al., 2014; Martín-Chivelet, 2010). Por otro lado, cuando se le cuestiona sobre qué sucedería si las concentraciones de CO_2 aumentaran, anotó: “...*no se alcanzaría a utilizar todo ese CO_2 (C), y muchas de las plantas no alcanzarían a hacer todo ese trabajo(C)*”, asocia el cambio que han sufrido las dinámicas a corto plazo y el descenso en la tasa de fotosíntesis, los cuales son elementos característicos del modelo explicativo M3.

Asimismo, al hacer mención de “*plantando árboles*” es una de las formas como los seres vivos obtienen el carbono se pueden hacer deducciones como la relación entre la pérdida de biota de los ecosistemas y una posterior reforestación, lo que está estrechamente vinculado a la capacidad de modificación que tiene el ser humano sobre la superficie terrestre, además de identificar a las plantas como sitios de almacenaje (Keeling et al., 1976; Uriarte, 2003; Vilches y Gil, 2011; Garófalo et al., 2014).

Aunque no se presentaron justificaciones, las cuales son garante de un mejor argumento como lo plantea Tamayo (2012) y que dan validez al vínculo entre datos y conclusiones, ni se evidenciaron refutaciones, las cuales como menciona Pinochet (2015), son evidencia de

habilidades más complejas en lo que respecta a su nivel argumentativo se identificaron datos y conclusiones de mejor calidad. Esto, en lo que se refiere al modelo explicativo, el cual estuvo más cerca de los MECC. El lenguaje científico utilizado mejoró y se vio reflejado en las conclusiones que propuso el estudiante. Por tal motivo, continuó con un nivel 3 de argumentación según la rejilla de orientación de Ruiz et al. (2015).

No obstante, hubo otros estudiantes que mostraron un mejor nivel argumentativo, el cual se vio relacionado con elementos conceptuales de otros modelos, lo que permitió una transformación en cuanto a su MEE. Tal es el caso del estudiante E10, quien tuvo un nivel argumentativo 1, donde aportó datos o conclusiones y un modelo explicativo M4 (integrado) con elementos conceptuales de los modelos explicativos M1 y M2.

Por lo tanto, en el momento 1 (inicial) el estudiante en la P1 manifestó que el carbono no se agota de la siguiente manera, *E10R1: “Porque la tierra es como una fabricante de carbono (C), es decir, que hay tanto carbono en la tierra (D) que la cantidad de cuyo elemento es siempre la misma(D)”*. Luego, Cuando en la P2 se le cuestiona de dónde obtienen el carbono los seres vivos respondió, *E10R2: “Lo pueden obtener mediante el aire” (C)*.

Teniendo en cuenta estas respuestas, las cuales fueron muy cortas, permitieron hacer inferencias respecto al modelo explicativo y al nivel argumentativo. Para empezar, cuando se refiere a la tierra “*como fabricante de carbono*” se puede interpretar como sitios de almacenaje que hacen transferencia entre la litosfera y el sistema superficial conformado por la atmosfera, los océanos, la biosfera y los suelos (Martín-Chivelet, 2010; Berner, 1999 citado por Martín-Chivelet, 2010; Berner, 2004). Luego, al referirse a la cantidad del elemento, el estudiante anotó:

“*siempre es la misma*” se pudo referir a grandes escalas de tiempo (Fairbridge, 1982; Jaramillo. 2004; Domic, 2011; Maldonado et al., 2007). De esta manera, se identificaron elementos conceptuales del M1 y aunque los sitios de almacenaje no fueron especificados, reconoce la Tierra en su totalidad como un sitio donde se encuentra el elemento.

En lo que se refiere al M2, ciclo del carbono a corto plazo, podemos inferir elementos conceptuales referentes a la fotosíntesis cuando mencionó “*lo pueden obtener mediante el aire (C)*”, debido a que el mecanismo para hacer retiro de CO₂ atmosférico es mediante este proceso (González et al., 2014; Garófalo et al., 2014; Martín-Chivelet, 2010). Como se pudo observar, el estudiante aportó datos y/o conclusiones en sus respuestas, por lo que tuvo un nivel 1 según la rejilla de orientación de Ruiz et al. (2015). Este nivel de argumentación es común en estudiantes de diferentes ciclos, desde primaria hasta universitarios (Tamayo, 2012; Pájaro y Trejos, 2017; Tamayo y Cardona, 2009).

Para el momento 3 (final) se notó un cambio tanto en su nivel argumentativo como en el modelo. De tal manera, a las preguntas P1, P2 y P3 respondió:

E10R1: “porque es un “nutriente” “infinito” (C) porque las plantas siempre lo están fabricando (J) los seres vivos todos lo fabrican (D), pero si el humano acaba con la naturaleza yo creo que si se podría acabar (R) por eso está en comillas” (D).

E10R2: “Ellos lo pueden obtener de muchas formas (C) como: comiendo (D), respirando” (D).

E10R3: “el clima cambiaría y actuaría como nunca antes (C) como sucede con Colombia últimamente (J). La temperatura cambiaria (D) el entorno todo cambiaría” (D).

Hay que hacer notar como el estudiante incorporó elementos conceptuales del modelo explicativo M3 modificado por acción antrópica. Cuando hace mención de: “*si el humano acaba con la naturaleza yo creo que si se podría acabar*” identifica en su modelo explicativo la alta capacidad de transformación que tiene el ser humano sobre la superficie terrestre (Vilches y Gil, 2011; Duarte et al., 2006; Le Quéré et al., 2015). Además, incluye el cambio climático por el que pasa el planeta actualmente (Arrhenius, 1896; Keeling et al., 1976; Saugier y Pontailier, 2006; Le Quéré et al., 2015) y lo lleva a un contexto que él reconoce al expresar “*como sucede con Colombia últimamente*”.

En cuanto a los elementos argumentativos fueron identificados en sus respuestas datos que fueron justificatorios a las conclusiones propuestas, por ejemplo, el dato “*porque las plantas siempre lo están fabricando*” fueron expresados como un elemento justificatorio de la conclusión “*porque es un nutriente infinito*”. En caso de la justificación: *los seres vivos todos lo fabrican (J)* fue empleado para vincular el hecho que el carbono no se ha acabado, porque, primero se mueve en grandes escalas de tiempo “*infinito*” y segundo porque las plantas son las responsables de esta constante.

Ahora bien, cuando el estudiante utilizó una refutación tuvo la condición de restricción y quitó validez a la conclusión, puesto que cuando expresó: “*si el humano acaba con la naturaleza yo creo que si se podría acabar*”, propuso que el ciclo del carbono puede ser alterado por acción antrópica. El uso del cualificador modal “*pero*”, se utilizó para matizar la afirmación y consolidar el alcance que tuvo la conclusión (Toulmin, 2007; Ruiz, 2012; Pinochet, 2015). Por consiguiente, al identificar de manera clara en los argumentos del estudiante: datos, varias

conclusiones y una justificación que intentó relacionar con los demás elementos, le fue asignado un nivel 4 según la rejilla de orientación de Ruiz et al. (2015).

Ya para finalizar el análisis de los niveles argumentativos respecto al modelo explicativo M5 (modelo que aporta elementos conceptuales integrados, correspondientes a los tres modelos del ciclo del carbono: M1, M2 y M3) son varias las conclusiones que se dieron.

En primer lugar, los estudiantes relacionados fueron una muestra significativa del cómo después de la intervención didáctica se incorporaron datos, conclusiones, justificaciones e incluso refutaciones y cualificadores modales en los argumentos escritos. Al justificar, los alumnos utilizaron principios y recurrieron a los elementos conceptuales que fueron incorporados durante las actividades desarrolladas en la secuencia didáctica (Aragón, 2007a).

Vale la pena aclarar, que la mayoría de estudiantes participaron en las actividades propuestas en la secuencia didáctica, la cual fue diseñada con el objetivo de promover espacios de discusión, que a su vez resultaron necesarios para darle a la clase de Ciencias Naturales la intención de persuadir y convencer (Henaó y Stipcich, 2008; Mejía et al., 2013; Ruiz et al., 2014). Por consiguiente, algunas actividades tuvieron implicaciones sociales y sirvieron para fundamentar los argumentos que de manera individual fueron evaluados, permitiendo a la argumentación constituirse en una herramienta básica en la co-contrucción de comprensiones más significativas del modelo explicativo del ciclo del carbono, lo cual se evidenció en los elementos conceptuales que incorporaron los estudiantes en sus respuestas (Candela, 1999; Driver et al., 2000; Revel et al., 2005; Pipitone et al., 2008; Ruiz, 2010; Puig, 2010; Ruiz et al., 2015).

En lo que respecta a los obstáculos epistemológicos y dificultades para expresar los fenómenos de los modelos explicativos se evidenciaron algunos cambios, ya que cuando se aplicó el cuestionario único (Ver Anexo 1), a las preguntas P1 y P2 que incluían cuestionamientos sobre los seres vivos, los estudiantes tuvieron en cuenta sólo al ser humano como ser vivo. Así pues, se exponen algunas respuestas de estudiantes que tuvieron en el momento 1 (inicial) este obstáculo de tipo pragmático (Mora, 2002):

E05: “así podrían los seres humanos o pueden obtener el carbón que ellos necesitan”, E07: “si el carbono o alguno de estos compuestos se acaban nosotros morimos y no aguantaríamos al nacer”, E09: “Los seres humanos obtenemos el carbono por medio de la respiración”, E16: “Porque los residuos que hemos utilizado las personas se pueden volver a reutilizar”, E22: “gracias a que este es un gas natural de la tierra todos los seres humanos podemos respirar con este carbono”, E23: “pueden obtener el carbono de la tierra, en las minas excavando, explotando”, E28: “los seres vivos podemos plantar flores, árboles y muchas cosas más” E34: “Sembrando árboles y ayudándolos a cuidar”.

Estas expresiones, dieron muestra de la manera como los estudiantes presentan un conocimiento pragmático y utilitario (Mora, 2002), donde el hombre es el principal actor y todo gira en torno en a él (Eisen y Stavy, 1992 citados por Melillán et al., 2006). Así pues, nótese como algunos de ellos se refirieron a los seres vivos con los términos: *“los seres humanos podemos”, “los seres humanos obtenemos”, “hemos utilizado las personas”, “nosotros moriríamos, no aguantaríamos”, “podemos plantar flores”* haciendo evidente la perspectiva de tipo utilitario (Mora, 2002).

Otros por su parte, expresan términos como “pueden obtener” como si se refirieran a “otros seres vivos”, pero al utilizar expresiones como *“excavando, explotando”, “sembrando árboles y ayudándolos”* se vinculan con el ser humano, debido a que son actividades que solo la especie humana realiza. No obstante, nombran las plantas para relacionarlas con la obtención de carbono, pero siempre está el ser humano presente ejerciendo control, lo cual está muy relacionado con el conocimiento de tipo utilitario que menciona Mora (2002) y el hombre como centro de todos los fenómenos (Eisen y Stavy, 1992 citados por Melillán et al., 2006).

Luego, en el momento 3 (final) y al cuestionar respecto a la forma de obtener el carbono o el porqué no se ha agotado el carbono, las expresiones de los estudiantes fueron:

E05: “al hacer matar un animal o a que muera los árboles”, E07: “porque para nosotros vivir...si esto se acaba las personas podemos morir”, E09: “porque tenemos las plantas que son una de las fuentes que nos ayudan a producir bastante cantidad de carbono”, E16: “porque el carbono viene de las plantas”, E22: “para poder obtener nuestra glucosa que necesitamos para poder realizar nuestras actividades”, E23: “gracias a fósiles al agua y a las plantas que han ayudado a que el carbono no se acabe”, E28: “el carbono todavía está y se regenera en plantas, vegetales”, E34: “los árboles producen más y además este ser reutiliza y cada ser al usarlo lo expulsa y va a otro ser”.

En cuanto a estas expresiones se logró llegar a varias deducciones. En primer lugar, los estudiantes reconocen otros seres vivos a parte del ser humano al hacer mención de organismos como: plantas (árboles/vegetales) y animales. En segundo lugar, algunos hablan sin que el ser humano sea el único que obtiene carbono, por ejemplo, *“a que mueran los árboles”, “los árboles*

producen más”, *“viene de las plantas”*, *“se regenera en plantas”*, *“gracias a fósiles”*. De esta manera, los procesos mencionados no están directamente relacionados con actividades realizadas por el ser humano. Por otra parte, expresiones de los estudiantes tales como: E07: *“porque para nosotros vivir”*, E09: *“porque tenemos las plantas...nos ayudan a producir”*, E22: *“para poder obtener nuestra glucosa”* dan muestra que algunos revelan obstáculos de tipo pragmático (Mora, 2002). Por consiguiente, la obtención de carbono está relacionada directamente con la utilidad que da el ser humano a los seres vivos, a los procesos que se dan y al carbono como tal.

En último término, como lo hacen notar Álvarez (2011) y Pájaro y Trejos (2017) las representaciones identificadas sirvieron para determinar los MEE y algunos de los obstáculos identificados en el momento inicial y que a su vez fueron uno de los principales elementos para diseñar las actividades de la secuencia didáctica. Sin embargo, es evidente que, aunque no todos cambiaron sus modelos explicativos sobre el ciclo del carbono, dichos obstáculos sirvieron para que los estudiantes orientaran sus modelos explicativos hacia una utilización más significativa. Razón por la cual en sus argumentos incorporaron datos, conclusiones y justificaciones que se constituyeron en elementos conceptuales que les permitieron acercarse más a los MECC (Orrego et al., 2012; Mora, 2002).

4.4 Seguimiento a los 3 estudiantes

En este apartado, se presenta el seguimiento realizado a los tres estudiantes que fueron seleccionados de manera intencionada, bajo los siguientes criterios: que hayan dado respuesta a las tres preguntas tanto en el momento inicial como en el final, que hayan participado

activamente en las clases que se programaron durante la secuencia didáctica y que hayan intervenido de forma constante en los dos episodios argumentativos. Para reservar la identidad de los estudiantes se utilizaron los pseudónimos: Antonia, Tomás y Paulina.

En primer lugar, se muestra el análisis de las respuestas en el momento inicial, luego, se hace un análisis a las intervenciones de los estudiantes en los episodios argumentativos que se llevaron a cabo durante la aplicación de la secuencia didáctica. Finalmente se presenta el análisis de las respuestas que dieron los estudiantes al cuestionario único durante el momento final lo cual permitirá visualizar lo ocurrido en los tres momentos. Para comenzar, se analizará a la estudiante bajo el pseudónimo de Antonia, luego se muestra el seguimiento a Tomás y finalmente a Paulina.

4.4.1 Seguimiento a Antonia en los momentos 1 (inicial), momento 2 (secuencia didáctica) y momento 3 (final).

Tras el análisis que se hizo a las respuestas de la estudiante en el momento 1 se pudo observar que el nivel argumentativo inicial fue 4, según la rejilla de orientación de Ruiz et al. (2015) por lo que, se identificaron datos (D), conclusiones (C) y justificaciones que intentó relacionar con los demás elementos argumentativos. En lo que respecta a su modelo explicativo, la estudiante relacionó elementos conceptuales de los modelos explicativos M2 (ciclo del carbono a corto plazo) y M3 (ciclo del carbono modificado por acción antrópica), lo cual la ubicó en un M4 (modelo explicativo que integra elementos conceptuales de dos modelos del ciclo del carbono).

Para identificar lo anteriormente expuesto, se muestran a continuación las respuestas de Antonia a las preguntas del cuestionario único respectivamente: P1. Si cada ser vivo necesita carbono, ¿por qué no se ha acabado?, P2. ¿De qué forma piensas que pueden los seres vivos obtener el carbono que necesitan? y P3. ¿Cómo crees que se vería afectado el ciclo si las concentraciones de CO₂ son muy elevadas?

AntoniaR1: “Los humanos inhalamos oxígeno y exhalamos dióxido de carbono (D) las plantas lo toman y lo convierten en oxígeno (D) por esta razón es que no se acaba ya que todos los seres humanos contaminamos el aire con este elemento casi las 24 horas del día mientras las plantas la limpian” (C).

AntoniaR2: “Lo obtienen porque los humanos exhalan este elemento y ellos lo toman (C) siendo casi 20.000.000 de personas que las 24 horas exhalan (D) es casi imposible que este se agote imagínate cuanto carbono producimos al día” (J).

AntoniaR3: “Se contaminaría el ambiente más de lo común ya que este elevaría el gas(C) y esto formaría una intoxicación a la atmósfera (D) causando una alteración y desordenes (D) que podrían afectar contra la salud a la vida de los seres vivos” (J).

En las respuestas que dio la estudiante en este momento inicial se pueden evidenciar datos que a su vez se relacionan con elementos conceptuales del modelo explicativo a corto plazo. Así, cuando la estudiante plantea las conclusiones (C) “no se acaba ya que todos los seres humanos contaminamos el aire con este elemento casi las 24 horas del día mientras las plantas la limpian” y “Lo obtienen porque los humanos exhalan este elemento y ellos lo toman” muestra la relación cíclica que se da entre la fotosíntesis y la respiración. Los datos que emplea para cada

conclusión son elementos justificatorios que dan veracidad a la conclusión. De esta manera, cuando menciona *“Los humanos inhalamos oxígeno y exhalamos dióxido de carbono (D) las plantas lo toman y lo convierten en oxígeno (D)”*, *“casi 20.000.000 de personas que las 24 horas exhalan (D)”* dan muestra que se está refiriendo al ciclo del carbono a corto plazo (Jaramillo, 2004; Domic, 2011; González et al., 2014). Al proporcionar la justificación (J) *“es casi imposible que este se agote imagínate cuanto carbono producimos al día (J)”* la utiliza como puente para vincular los datos con la conclusión (Toulmin, 2007; Ruiz, 2012; Pinochet, 2015). Por consiguiente, al utilizar estos elementos argumentativos, se le dio una ubicación en el nivel 4 según la rejilla de Ruiz et al. (2015).

Ahora bien, la estudiante se refiere a un ciclo del carbono modificado por acción antrópica cuando a la pregunta P3 *¿Cómo crees que se vería afectado el ciclo si las concentraciones de CO₂ son muy elevadas?* La estudiante proporcionó datos tales como *“esto formaría una intoxicación a la atmósfera” (D)* *“causando una alteración y desordenes” (D)*, los cuales se fundamentaron en los hechos que apoyaron la tesis *“Se contaminaría el ambiente más de lo común ya que este elevaría el gas”*. De igual manera cuando se refirió a *“que podrían afectar contra la salud y la vida de los seres vivos”*, se constituyó en las razones que propuso para fundamentar hasta donde podría afectarse el ciclo.

En lo que respecta a los obstáculos epistemológicos en el momento inicial, la estudiante muestra una tendencia a identificar que el dióxido de carbono que eliminamos es el que entró en la inspiración, de igual manera como lo referencia Melillán et al. (2006) es común en los estudiantes de secundaria que respondan que el oxígeno siempre entra y el dióxido de carbono

siempre sale. Se identifica igualmente para la estudiante un obstáculo de tipo utilitarista, una vez que relaciona la presencia de carbono con la “contaminación” que hace el ser humano al llevar a cabo la respiración (Mora, 2002).

Por otro lado, se tiene el análisis de las intervenciones de la estudiante en el momento 2 (secuencia didáctica). Antonia participó en los episodios argumentativos “24 horas sin combustible fósil” y “la megaminería”, en los cuales se identificó que la estudiante presentó un nivel argumentativo 5, dado que aportó elementos argumentativos como datos (D), conclusiones (C) y justificaciones que relacionó de manera clara con los anteriores elementos (Ruiz et al., 2015). De igual manera, respecto al análisis de los elementos conceptuales que aportó la estudiante en sus intervenciones, se reconoció un modelo explicativo M4, donde integró elementos conceptuales tanto del ciclo del carbono a corto plazo como del modificado por acción antrópica. A continuación, se muestran las intervenciones de la estudiante en el episodio 1, “24 horas sin combustible fósil”:

Intervención 1.

E37: “¿usted cocina una manzana? Hay muchas cosas que venden que no son de cocinar y por un día no se va a morir de hambre”

E36: “y ¿cómo comían a la antigua? Con leña, imposible que nosotros no vamos a ser capaces”

*Antonia: “bueno y a la antigua hacían todo con leña (C), pero eso también llena el ambiente de partículas y contamina todo (J)** espere, póngame cuidado, usted dice que*

va a ser un día sin combustible, pero son todos (D), no solamente nosotros (D), entonces también va a haber mucha contaminación por leña” (C)

E37: “pero ¿cómo va a comparar usted la contaminación de un fogón de leña con la contaminación de cincuenta mil carros?”

Antonia: “pero son cincuenta mil fogones de leña también (D) y contaminan” (C)

Intervención 2.

E36: “Bueno, volvamos a decir ¿qué ventajas hay?”

Antonia: “Bueno yo tengo pues una propuesta (D), hagamos caminatas ecológicas ese día (D) y es bueno para los animales que viven en las cañadas (C), así pueden respirar aire puro (J)

En las intervenciones se nota que la estudiante no menciona el ciclo del carbono a largo plazo, puesto que cuando expresa *“a la antigua hacían todo con leña”* es evidente que el tiempo no supera los siglos. De igual manera, reconoce que ante la propuesta de utilizar leña en vez del combustible fósil no se da una solución completa a los problemas que enfrenta el planeta. Por consiguiente, cuando expresó *“entonces también va a haber mucha contaminación por leña”* aportó una conclusión (C) que usó para plantear que la combustión de madera trae consecuencias para la atmósfera (Duarte et al., 2006; Martín-Chivelet, 2010; Vilches et al., 2011). Estos factores, están asociados con las modificaciones al ciclo por acción antrópica, por tal motivo utilizó datos como *“usted dice que va a ser un día sin combustible, pero son todos, no solamente nosotros”*, los cuales fueron elementos justificatorios que aportó para dar base a la afirmación

(Toulmin 2007; Ruiz, 2012; Pinochet, 2015). Ahora bien, para dar garantía a la conclusión y a los datos, la estudiante justificó al decir: *“eso también llena el ambiente de partículas y contamina todo”* donde habla de la alteración atmosférica, lo cual puede traer consecuencias en este sistema superficial (Domic, 2011; Le Quéré et al., 2015). En relación con los elementos conceptuales del ciclo del carbono a corto plazo, se identificaron cuando expresó: *“...es bueno para los animales que viven en las cañadas, así pueden respirar aire puro”*, de modo que, procesos como la respiración en heterótrofos se hacen evidentes (González et al., 2014; Garófalo et al., 2014).

Nótese que, para dicha propuesta la estudiante menciona a los animales como los organismos beneficiados. En el caso de la primera propuesta es el hombre quien sufre las consecuencias. Para ambos casos no se implican otros organismos en dichas situaciones, lo que podría ser interpretado como una concepción inducida por procesos de socialización (Mora, 2002). A condición que, al mostrarse por diferentes medios publicitarios que animales son los organismos representativos de los ecosistemas.

En el episodio 2 “La megaminería” la estudiante hizo varias intervenciones que mostraron una postura, la cual sostuvo hasta finalizar el debate. De esta manera, algunas de las intervenciones de Antonia fueron:

Antonia: “Nosotros no estamos diciendo que todo sea culpa de la mega minería (C), deje hablar, nosotros estamos diciendo que en una mayor parte la mega minería tiene mucho efecto en la contaminación” (J)

El: pero no la mayor parte, la mayor parte es toda la basura que echamos, todos los residuos

Ma: Bueno, tranquilos, no se alteren. Tengo una última pregunta para ustedes, ¿qué piensan que puede pasar con la atmósfera, con el suelo, el agua?

Antonia: que esos contenidos en el aire contaminan con impurezas (C), impurezas sólidas de los gases(D) que salen de las minerías (D), todo eso, pues... hay cambio climático (C).

Cuando Antonia manifestó a su compañero: *“Nosotros no estamos diciendo que todo sea culpa de la mega minería, deje hablar, nosotros estamos diciendo que...”* se evidenció que usó sus argumentos para tratar de responder a las reacciones de los demás, lo cual mostró lo expuesto por Van Eemeren et al. (2013) que las emociones desempeñaron un papel en la adopción de una posición y estas a su vez fueron asimiladas en el discurso de la estudiante.

A la anterior pregunta hecha por la maestra (Ma) el E14 respondió y Antonia hizo la siguiente intervención:

E14: se van a levantar grandes cantidades de dióxido de carbono y nos va a afectar el medio ambiente y a nosotros

Antonia: “o vea, póngase a pensar, váyase al agua, si me entiende, yo no sé si ustedes saben que cuando van a lavar las rocas de las minas (D) gastan mil litros de agua por segundo (D), no sé si se habían enterado, incluso yo he visto documentales de eso (RT) y de todo, así que no crea, y además de eso habría una sequía(C) pues... ya extrema, (D) porque, o sea, si del Tolima el agua llega acá a Armenia, entonces esa mina la va a dañar toda, totalmente toda” (J).

En esta intervención se pueden identificar un número significativo de datos, además de como los usó para dar apoyo a las conclusiones que planteó. Además, usó un lenguaje científico que permitió identificar de forma más clara el MEE que presenta del ciclo del carbono. Así pues, el modelo ciclo del carbono modificado por acción antrópica es el modelo predominante en estas intervenciones. Al referirse a sequías extremas, grandes gastos de agua para lavar las rocas, contaminación y cambio climático se muestran los elementos conceptuales más referenciados por los autores que han aportado a este modelo (Brusi et al.2013; Le Quéré et al.2015; Martín-Chivelet, 2010; Couchoud, 2004). Por otro lado, la estudiante hace uso de un respaldo teórico cuando menciona que: *“incluso yo he visto documentales de eso”*, lo que aporta fundamento y autoridad a la justificación. No obstante, aunque hizo uso del respaldo teórico, no le permitió situarse en un nivel argumentativo 7, pues los elementos argumentativos constantes fueron los datos, las conclusiones y las justificaciones que relacionó claramente (Ruiz et al., 2015).

Al finalizar la secuencia didáctica, en un momento 3, se aplicó el cuestionario único, donde Antonia respondió a las preguntas:

P1. Si cada ser vivo necesita carbono, ¿por qué no se ha acabado?

AntoniaR1: “porque el carbono se produce todo el tiempo (C), sería casi imposible que se acabara(C), además siempre hay carbono en todas partes abundantemente (D) puede ser diferente, ya sea por su estado o por su cantidad (J), los humanos los producen a diario (D) pero es el dióxido de carbono que en este momento preocupa su exceso” (R).

P2. ¿De qué forma piensas que pueden los seres vivos obtener el carbono que necesitan?

AntoniaR2: “puede ser de diferentes formas (C), ya sea comiendo, respirando, o tomándolo del aire (D), las plantas, los humanos y los animales cada uno puede tomarlo de distintas maneras(C) sea por la luz solar o por el agua (D) ya que todos lo reciben dependiendo sus estados y/o formas de recibirlo” (J).

P3. ¿Cómo crees que se vería afectado el ciclo si las concentraciones de CO₂ son muy elevadas?

AntoniaR3: “se vería afectado ya que esto es un gas de efecto invernadero el cual permite que el calor se quede en la tierra(J) su exceso causaría un calor insoportable(C) el cual derretiría los polos (D), causaría sequías (D) y no se podría respirar (D), ya que bajaría la producción de O₂” (C).

En este momento 3, la estudiante tuvo un nivel de argumentación final 5, según la rejilla de orientación de Ruiz et al. (2015), dado que hizo uso de datos, conclusiones y justificaciones que relacionó de forma clara. Además, la presencia de justificaciones se constituyó en un indicador al momento de valorar la calidad del argumento que la estudiante expresó (Jiménez-Aleixandre y Díaz, 2003). De esta manera, cuando justificó “*ya que todos lo reciben dependiendo sus estados y/o formas de recibirlo*” se entendió dicha justificación, como la búsqueda de razones que tuvo para explicar cómo pueden los seres vivos obtener el carbono que necesitan. De igual forma, al preguntarle ¿por qué el carbono no se ha acabado? La estudiante planteó dos conclusiones, la primera que “*el carbono se produce todo el tiempo*” y que, además, *sería casi imposible que se acabara*. A esto, propuso la justificación: “*puede ser diferente, ya sea por su estado o por su*

cantidad” lo cual mostró el compromiso de explicitar el paso de los datos a la conclusión (Tamayo, 2012).

Por otro lado, en lo que se refiere a su modelo explicativo final del ciclo del carbono, Antonia tuvo un modelo M5, visto que relacionó elementos conceptuales correspondientes a los 3 modelos del ciclo del carbono, así:

1. Ciclo del carbono a largo plazo al mencionar *“porque el carbono se produce todo el tiempo”, “sería casi imposible que se acabara” y “además siempre hay carbono en todas partes abundantemente”*, puede relacionarse con: mecanismos lentos, transferencia de carbono entre diferentes sistemas superficiales, grandes depósitos de carbono y acumulación de varios ciclos a corto plazo (Fairbridge, 1982; Jaramillo, 2004; Uriarte, 2003; Domic, 2011; Maldonado et al., 2007; Martín-Chivelet, 2010; Berner, 2004; Berner, 1999, citado por Martín-Chivelet, 2010).
2. Ciclo del carbono a corto plazo, cuando dice: *“es un gas de efecto invernadero el cual permite que el calor se quede en la tierra”*, identifica que la liberación constante de CO₂ tiene incidencia en el clima. También cuando expresó *“los humanos los producen a diario”* se puede referir a procesos de respiración. Esto lo afirma cuando dice que el carbono se obtiene *“ya sea comiendo, respirando, o tomándolo del aire..., las plantas, los humanos y los animales cada uno puede tomarlo”* (Berner, 2004; Uriarte, 2003; Jaramillo, 2004; Rojas y Doss, 2014; Duarte et al., 2006; Domic, 2011; González et al., 2014; Garófalo et al., 2014).

3. Ciclo del carbono modificado por acción antrópica, cuando la estudiante expresó que uno de los problemas actuales ocasionados por modificaciones del hombre al ciclo del carbono es “*el dióxido de carbono que en este momento preocupa su exceso*” (Arrhenius, 1896; Keeling et al., 1976; Uriarte, 2003; Couchoud, 2004). Además, hace referencia respecto al CO₂, que “*su exceso causaría un calor insoportable el cual derretiría los polos, causaría sequías y no se podría respirar, ya que bajaría la producción de O₂*” se puede asociar con el descenso en la tasa de fotosíntesis, degradación generalizada de los ecosistemas y aumento de fenómenos extremos (Saugier y Pontailier, 2006; Duarte et al., 2006; Martín-Chivelet, 2010; Vilches y Gil., 2011, Brusi et al., 2013; Domic, 2011; Le Quéré et al., 2015).

La Figura 8 que se encuentra a continuación, ilustra los niveles argumentativos de Antonia en los 3 momentos de la investigación, al igual que sus modelos explicativos del ciclo del carbono.

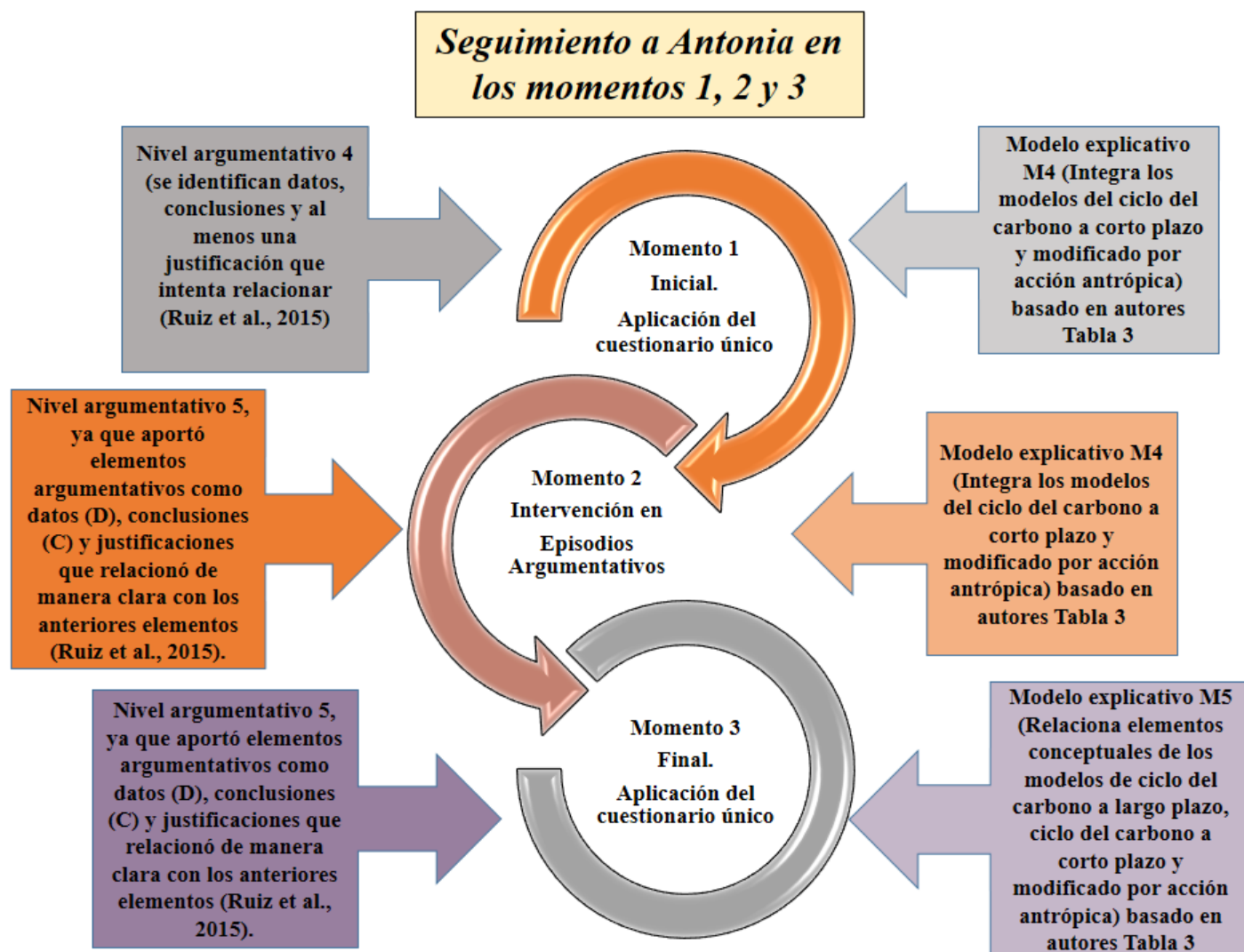


Figura 8. Seguimiento a Antonia. Elaboración propia.

4.4.2 Seguimiento a Tomás

El estudiante mostró un modelo explicativo M4 en el momento inicial donde integró elementos conceptuales de los ciclos del carbono a corto plazo y modificado por acción antrópica. Respecto a sus niveles argumentativos, se ubicó en un nivel 4 según la rejilla de Ruiz et al. (2015), ya que aportó en sus argumentos elementos como datos, conclusiones y justificaciones que intentó relacionar.

Como muestra de lo anteriormente expuesto, se relacionan las respuestas del estudiante en dicho momento:

P1. Si cada ser vivo necesita carbono, ¿por qué no se ha acabado?

TomásR1: “Porque nosotros inhalamos oxígeno y exhalamos el carbono que son residuos que saca el pulmón (C), por esta razón no se acaba, se acabaría si no hubiera más oxígeno (J), pero con eso moriríamos” (D).

P2. ¿De qué forma piensas que pueden los seres vivos obtener el carbono que necesitan?

TomásR2: “Del oxígeno que nos dan las plantas (C) al inhalarlo el pulmón bota los residuos que es el carbono (D). Y el carbono es fundamental para las plantas y las plantas son las que generan el oxígeno y se seguiría el ciclo” (J).

P3. ¿Cómo crees que se vería afectado el ciclo si las concentraciones de CO₂ son muy elevadas?

TomásR3: “Pues el CO₂ es bueno(D), pero a la vez malo(D) ya que con concentraciones muy altas de CO₂ no podríamos existir” (C).

Al hacer una lectura general a las tres respuestas que dio Tomás se pueden deducir varios aspectos tanto en los modelos explicativos como en los niveles argumentativos. Por ejemplo, cuando el estudiante responde que el carbono no se ha acabado “*Porque nosotros inhalamos oxígeno y exhalamos el carbono que son residuos que saca el pulmón*”, “*del oxígeno que nos*

dan las plantas” propone así dos conclusiones, donde se infieren los procesos de fotosíntesis y respiración, los cuales son básicos del M2 (ciclo del carbono a corto plazo). Además, usa la expresión “*al inhalarlo el pulmón bota los residuos que es el carbono*”, como un elemento justificatorio de la conclusión.

Nótese que en la respuesta se pueden identificar varios elementos argumentativos, como conclusiones, un dato y una justificación. Por lo tanto, su argumento se encuentra en el nivel 4 (Ruiz et., al 2015). Ahora bien, Jiménez-Aleixandre y Díaz, (2003) asocian la calidad de los argumentos con las justificaciones que presente. Sin embargo, cuando Tomás propone la justificación “*se acabaría si no hubiera más oxígeno*” no afirma que este argumento sea de alta calidad, pues carece de validez para relacionar el hecho que el carbono no se haya agotado. De esta manera, al mencionar “*...inhalamos oxígeno y exhalamos el carbono que son residuos que saca el pulmón*” muestra conocimientos generalistas, vagos e indefinidos (Mora, 2002).

Por otra parte, en la respuesta 3 a cerca de la alteración del ciclo si las concentraciones de CO₂ se incrementan mostró elementos conceptuales del M3 (modificado por acción antrópica), pues para la conclusión “*ya que con concentraciones muy altas de CO₂ no podríamos existir*” se puede inferir que identifica las consecuencias que tienen los altos niveles del dióxido de carbono en la atmósfera, lo que a su vez puede relacionarse con pérdida de biota. De tal manera, al citar “*se acabaría si no hubiera más oxígeno*” puede identificarse que se refiere a la pérdida de vegetación, lo cual es un elemento conceptual del modelo explicativo M3 (Keeling et al., 1976; Uriarte, 2003; Couchoud, 2004; Saugier y Pontailier, 2006; Duarte et al., 2006; Martín -Chivelet, 2010; Vilches y Gil, 2011; Brusi et al., 2013; Le Quéré et al., 2015).

Para el momento 2, Tomás hizo intervenciones en los dos episodios argumentativos. Primero, “Un día sin combustible fósil” y luego en “la megaminería”. En el primer episodio el estudiante tuvo una postura de estar de acuerdo en el día sin combustible fósil, lo cual resultaría benéfico para el planeta. Por lo tanto, se muestran a continuación algunas de las intervenciones que resultaron significativas para el análisis.

Tomás: pero es que ¿un día? ¿Un día?, si fueran varios días(C)

Antonia: uno sin comer su arrozito, bien calientico, su huevo

Paulina: pues se lo come crudo

Tomás: pues lo hace en leña (C), lo puede hacer con leña(D)

Antonia: si ve, si ve, tampoco llegaría el gas a la casa y pues por eso estoy diciendo, yo solo estoy diciendo, y eso que es un día, ¿qué tal que fueran más días? ^ Yo solo estoy dando un ejemplo

Tomás: hay muchas maneras de encontrar soluciones (C), ¿o cómo hacían en los tiempos que no había nada de combustible? (J) Antes no había tuberías (D), Con decirles, con decirles, con una semana que no se use el combustible eso limpia el agua (D), además hay frutas, verduras, todo (D).

Para esta intervención, se notó cómo el estudiante utiliza las posturas de sus compañeros para dar sus argumentos, además muestra la significancia que tiene para él que se trate de un sólo día sin combustible fósil (Candela, 2006). Asimismo, cuando aportó datos como: “*se cogen dos palos y chin, chin, se cortan y listo*”, fue una manera de dar soluciones para cocinar en caso de faltar el combustible fósil. Cuando dio la justificación *¿cómo hacían en los tiempos que no había*

nada de combustible? Resultó ser garantía para dar validez a la conclusión “*hay muchas maneras de encontrar soluciones*”, lo que a su vez se vinculó con datos tales como: “*antes no había tuberías*” y “*con decirles, con decirles, con una semana que no se use el combustible eso limpia el agua*” fueron justificatorios para el antes y el después del combustible fósil y su la relación con la calidad ambiental.

Durante la discusión, la estudiante bajo el pseudónimo de Paulina replanteó la pregunta a sus compañeros sobre ¿qué ventajas hay? Haciendo referencia al día sin combustible fósil. Cuando Antonia propuso que las caminatas ecológicas traen beneficios para los animales, se dio la siguiente intervención de Tomás:

E12: ¿Y cómo cuales animales?, los gatos y los perros de las casas.

Antonia: Pues como los que vimos en la clase del puente que van a construir en la cañada.

Es: Si.

Tomás: Hay muchos animales que se ven beneficiados si no hay humo de carros (C), allá hay lagartos, mariposas, serpientes, aves (D).

Por lo anterior, se identificó como Tomás hizo referencia que otros organismos diferentes al ser humano pueden resultar beneficiados sin no hay uso de combustible fósil, no obstante, todas son especies animales.

En la intervención 2 correspondiente al episodio argumentativo “la megaminería”, el estudiante brindó las siguientes posturas:

Ma: “Ustedes entonces van a dar sus puntos para tratar de convencerlos a ellos, y ustedes también van a defender su posición para convencer a sus compañeros. Recuerden que ustedes son la voz de todos ellos, no son sólo la voz ustedes seis. Con calma van a poder defender sus argumentos y van a poder también tener una discusión sin necesidad de enojarse. Si ven que se emocionan defendiendo sus argumentos no se estresen, lo importante es que respetuosamente puedan dar sus puntos de vista. Entonces, vamos a comenzar.

Tomás: “nosotros estamos a favor de la megaminería (C), porque si no hubiera minería nosotros no podríamos tener lo que tenemos alrededor(J), porque tenemos televisores(D), cucharas, cubiertos, de todo (D) no? Además, de que aparte de todo lo que utilizamos (D), si cuando acaba de coger todos los materiales de un lugar, ellos según el video decían que van a hacer una reforestación, van a volver a plantar lo que había antes (D), o mejor, más de lo que había ahí (RT)”.

En esta intervención se pueden identificar varios elementos argumentativos, donde se nota un número de datos respecto a las otras intervenciones. De esta manera el estudiante utilizó los datos “*porque tenemos televisores, cucharas, cubiertos, de todo, además, de que aparte de todo lo que utilizamos*” como elementos justificatorios que dio como base de la conclusión: “*Nosotros estamos a favor de la megaminería*” así su justificación “*si no hubiera minería nosotros no podríamos tener lo que tenemos alrededor*” fue la garantía para dar validez al vínculo de los datos y la conclusión (Toulmin, 2007; Ruiz, 2012; Pinochet, 2015). De igual modo, cabe resaltar el uso del respaldo teórico al expresar: “*ellos según el video decían que van a hacer una reforestación*”, lo cual hizo alusión al material proyectado en clase.

En consecuencia, se concluye que para las intervenciones del estudiante en los episodios argumentativos tuvo un nivel de argumentación 5, de modo que relacionó de forma clara datos, conclusiones y justificaciones (Ruiz et al., 2015) y se identificaron elementos conceptuales del ciclo del carbono modificado por acción antrópica, por tanto, tuvo un modelo explicativo (M3).

En el momento 3 (final), cuando se aplicó el cuestionario por segunda vez, se identificó en las respuestas del estudiante, un nivel 4 de argumentación y un modelo explicativo M5, por lo cual relacionó elementos conceptuales de los tres modelos del ciclo del carbono, (ciclo del carbono a corto plazo, a largo plazo y modificado por acción antrópica), tal como se muestra a continuación:

TomásR1: “El carbono no se ha acabado porque que es algo natural(C) ya que es algo que la naturaleza no brinda(D) y que por mucho que pasen los años eso no se acaba(C), por eso es vital que nosotros utilicemos el carbono(J). No se ha acabado porque nosotros estamos compuestos de carbono (C) el cual se junta con el oxígeno (D) el cual forma CO₂ (D), diferentes seres emanan carbono(D) el cual el ser vivo lo ingiere con oxígeno” (D).

TomásR2: “La forma que pienso es respirando(C), al respirar ingerimos oxígeno y carbono y al exhalar exhalamos CO₂ (D), en ocasiones se obtiene carbono(C), por erupciones volcánicas (D), combustibles fósiles(D), fijación fotosintética etc. (D), por esto en el aire se encuentran moléculas de carbono las cuales se pegan a la comida(J) y comiendo también lo ingerimos” (C).

TomásR3: “Se vería muy afectado (C) ya que si hubiera concentraciones muy elevadas de CO₂ (D) no habría existencia de vida(C), el clima sería muy variado(C) y no habría existencia, pero (M) al haber tanto CO₂ no respiraríamos oxígeno, sino que respiraríamos CO₂ (J), además todo el ciclo del CO₂ cambiaria totalmente” (C).

Como ya se mencionó, el estudiante tuvo un nivel 4 de argumentación en su etapa final según la rejilla de orientación de Ruiz et al. (2015), dado que hizo uso de datos, conclusiones y justificaciones que intentó relacionar. En este sentido, hay que hacer referencia a la respuesta 2 del estudiante, cuando dice que *“a esto se debe ya que en el aire se encuentran moléculas de carbono la cuales se pegan a la comida”*, fue una justificación que, si bien usó con el propósito de dar garantía a los datos y a la conclusión, no garantizó que el argumento fuera de alta calidad, ya que hicieron falta datos que tuvieran relación con los elementos conceptuales de cada modelo (Tamayo, 2012).

Ahora bien, respecto a su modelo explicativo final del ciclo del carbono, el estudiante presentó elementos conceptuales de los tres modelos, por lo cual tuvo un modelo explicativo M5, pues relacionó elementos conceptuales correspondientes a los 3 modelos del ciclo del carbono, no obstante, nótese que la mayor cantidad de elementos conceptuales pertenecen al ciclo del carbono a corto plazo. A continuación, se relacionan los elementos conceptuales de cada modelo con los argumentos del estudiante.

1. Ciclo del carbono a largo plazo, cuando el estudiante aporta los siguientes datos, conclusiones y justificaciones: *“por mucho que pasen los años eso no se acaba”*, *“...en ocasiones se obtiene carbono, por erupciones volcánicas, combustibles fósiles”*. Por consiguiente, se infieren mecanismos lentos de transferencia de carbono entre diferentes sistemas superficiales, escalas temporales grandes, enterramiento de carbono (combustible fósil) y vulcanización (Fairbridge,

1982; Jaramillo, 2004; Uriarte, 2003; Domic, 2011; Maldonado et al., 2007; Martín-Chivelet, 2010; Berner, 2004; Berner, 1999, citado por Martín-Chivelet, 2010).

2. Ciclo del carbono a corto plazo, cuando hace mención de *“es vital que nosotros utilicemos el carbono”*, *“No se ha acabado porque nosotros estamos compuestos de carbono”*, *“el cual se junta con el oxígeno”* *“el cual forma CO₂”*, *“diferentes seres emanan carbono”* *“el cual el ser vivo lo ingiere con oxígeno”*, *“La forma que pienso es respirando”*, *“al respirar ingerimos oxígeno y carbono y al exhalar exhalamos CO₂”*, *“por esto en el aire se encuentran moléculas de carbono las cuales se pegan a la comida”*, *“comiendo también lo ingerimos”* y *“fijación fotosintética”*, el estudiante hizo referencia a fenómenos como fotosíntesis, retiro del CO₂ atmosférico y fijación en plantas, oxido-reducción de los compuestos por respiración metabólica tanto en autótrofos como en heterótrofos y descomposición (Berner, 2004; Uriarte, 2003; Jaramillo, 2004; Rojas y Doss, 2014; Duarte et al., 2006; Domic, 2011; González et al., 2014; Garófalo et al., 2014).

3. Ciclo del carbono modificado por acción antrópica, cuando el estudiante mencionó que: *“se vería muy afectado”*, *“no habría existencia de vida”*, *“el clima sería muy variado”*, *“no habría existencia”*, *“al haber tanto CO₂ no respiraríamos oxígeno”*, *“respiraríamos CO₂”* y *“todo el ciclo del CO₂ cambiaría totalmente”* se relacionó con aspectos donde el hombre ha modificado el ciclo del carbono, tales como cambio climático por agotamiento de sitios de almacenaje y descenso en la tasa de fotosíntesis, pérdida de biota y extinción de especies, entre otros (Arrhenius, 1896;

Keeling et al., 1976; Uriarte, 2003; Couchoud, 2004; Saugier y Pontailler, 2006; Duarte et al., 2006; Martín-Chivelet, 2010; Vilches y Gil., 2011, Brusi et al., 2013; Domic, 2011; Le Quére et al., 2015).

La figura 9 muestra el seguimiento de Tomás en los tres momentos.

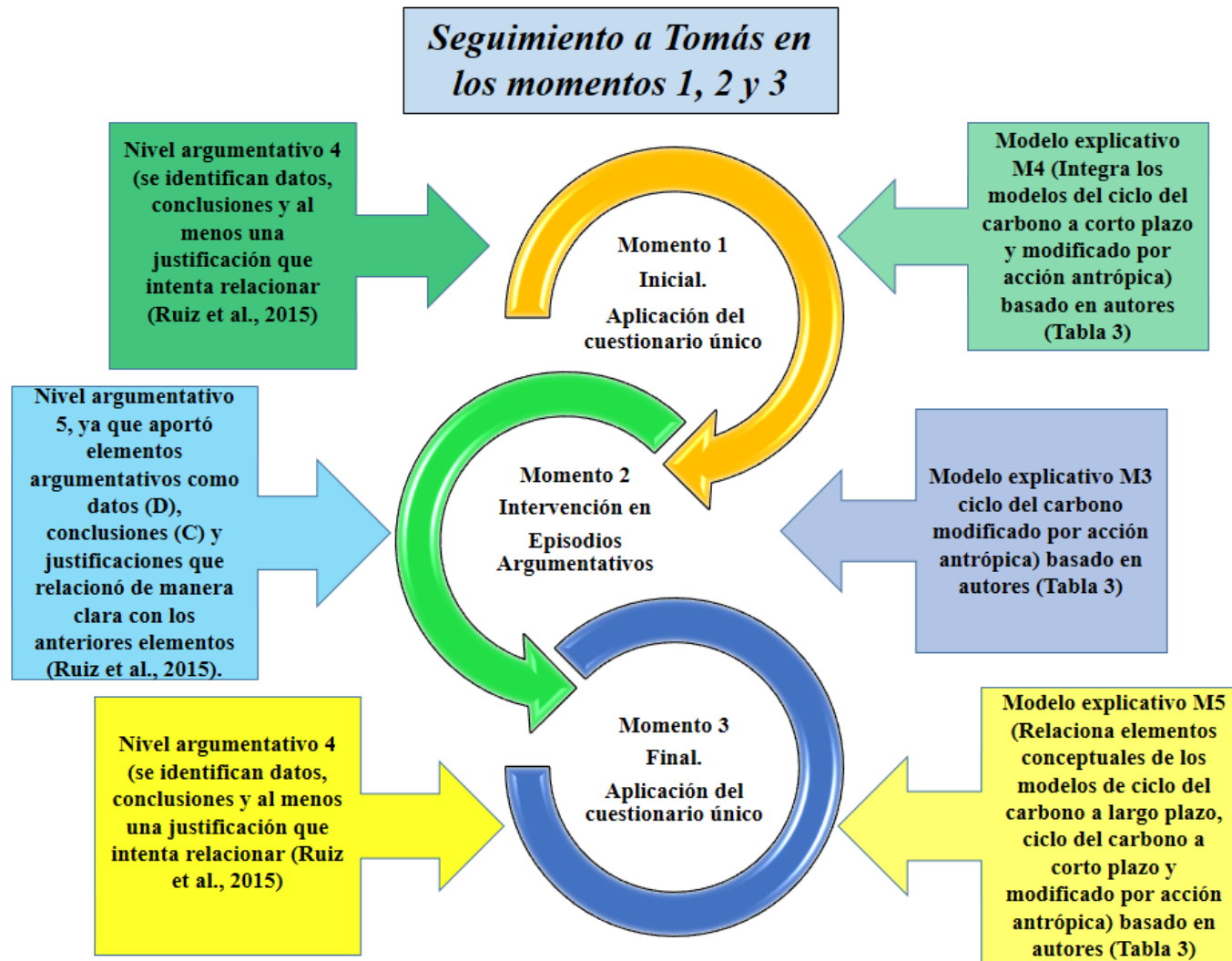


Figura 9. Seguimiento a Tomás. Elaboración propia.

4.4.3 Seguimiento a Paulina

Tras el análisis que se hizo a las respuestas de la estudiante en el momento 1 se pudo observar que relacionó elementos conceptuales de los modelos explicativos M2 y M3, lo cual permitió que se ubicara en un modelo explicativo M4 (integrado por dos modelos). Respecto al nivel argumentativo se identificó un nivel 4 según la rejilla de orientación de Ruiz et al. (2015), dado que se identificaron datos (D), conclusiones (C) y justificaciones que intentó relacionar con los demás elementos argumentativos. Para mostrar lo anteriormente expuesto, se muestran a continuación las respuestas de Paulina a las preguntas del cuestionario único.

P1. Si cada ser vivo necesita carbono, ¿por qué no se ha acabado?

PaulinaR1: “El carbono no se ha acabado por que el carbono es oxígeno(C), las plantas toman el elemento hacen un proceso (D) y con ese elemento forman oxígeno (D), por eso es tan importante para la vida (J), nosotros respiramos (D) y vivimos (D) gracias a ese elemento” (D).

P2. ¿De qué forma piensas que pueden los seres vivos obtener el carbono que necesitan?

PaulinaR2: “Los seres vivos pueden obtener el carbono respirando(C) haciendo funcionar el sistema respiratorio (D), también en las plantas se puede encontrar carbono (D), porque ellas convierten ese carbono en oxígeno (D) por eso es que uno cuando entra a un bosque hay tanta humedad y uno dice estoy respirando aire puro” (J).

P3. ¿Cómo crees que se vería afectado el ciclo si las concentraciones de CO₂ son muy elevadas?

PaulinaR3: “Se vería muy afectado nuestro ciclo porque sería una contaminación muy elevada (C) ya que están dañando nuestro aire que respiramos (D), también se vería afectado todo el planeta (D) porque gracias a él vivimos (C), y por culpa de nosotros lo estamos acabando y dañando” (J).

Con respecto a lo anterior, es evidente como las respuestas requirieron de una serie de acciones que fueron definidas y facilitadas por los procesos de enseñanza aprendizaje de momentos escolares previos. Así, cuando se refirió a “*Los seres vivos pueden obtener el carbono respirando*”, “*haciendo funcionar el sistema respiratorio*”, “*también en las plantas se puede encontrar carbono*”, “*porque ellas convierten ese carbono en oxígeno*” implicó que la estudiante hiciera uso de sus habilidades cognitivas, mostrando la asimilación de contenidos curriculares (Revel et al., 2014). De esta manera, cuando afirma que el carbono se puede obtener respirando, puede referirse a la fotosíntesis, de igual manera cuando dice “*haciendo funcionar el sistema respiratorio*”, es evidente que tiene una confusión en los procesos de fotosíntesis y respiración. Aunque no se le sugirió que dibujara dicho proceso, se infiere que puede estar relacionado con la imagen que frecuentemente aparece en los textos y que hace referencia a los procesos de “intercambio gaseoso”, como los llaman para mostrar procesos de fotosíntesis y respiración.

Ahora bien, se puede hacer un análisis a la calidad de los argumentos cuando se asocian con las justificaciones planteadas como lo sugieren Jiménez-Aleixandre y Díaz (2003), ya que la estudiante para dar garantía a la conclusión: *“los seres vivos pueden obtener el carbono respirando”* propuso la justificación: *“por eso es que uno cuando entra a un bosque hay tanta humedad y uno dice estoy respirando aire puro”*. Por lo tanto, cuando utilizó esta justificación como puente para vincular la conclusión con datos tales como: *“las plantas toman el elemento hacen un proceso y con ese elemento forman oxígeno”* no fue garantía, puesto que el modelo explicativo que tiene sobre el carbono a corto plazo muestra obstáculos de tipo generalista o relacionado con concepciones inducidas por procesos de socialización como familia, televisión, películas. Esto, podría deberse a los anuncios publicitarios o creencias populares, que muestran los bosques, donde el aire es “puro” (Mora, 2002).

Ahora pues, al hacer un análisis de las respuestas se lograron identificar algunos obstáculos epistemológicos. Uno de ellos fue de tipo molecular, por ejemplo, cuando expresó: *“no se ha acabado por que el carbono es oxígeno”*, lo que da muestra de conocimientos previos, puesto que como lo plantea Ruiz (2007) algunas planeaciones son vistas de manera superficial. Incluso, se podría inferir que son omitidas por el maestro sino tiene un conocimiento profundo de temas relacionados con la química.

Para el momento 2 la estudiante tuvo varias intervenciones, que permitieron identificar el modelo explicativo de Paulina y su nivel de argumentación. La siguiente, es la intervención durante el episodio argumentativo “24 horas sin combustible fósil”, donde la estudiante en su

postura manifestó que resulta benéfica para el planeta y que, por lo tanto un día como estos debería darse.

Ma: Bueno entonces yo les voy moderando, para que ustedes puedan seguir. Entonces ustedes dicen que es benéfico para el planeta tierra estar 24 horas sin combustible fósil (Paulina, Tomás, Antonia) y ustedes dicen que no es benéfico para el planeta estar 24 horas sin combustible (E33, E20 y E12) entonces escuchemos por qué.

Paulina: Nosotros decimos que es bueno para el planeta (C) porque no va a haber contaminación por 24 horas (J), o sea, no va haber contaminación además tampoco va a haber narcotráfico (D) porque no se van a poder desplazar (D).

Tomás: Además, va a haber más unidad entre las personas, no va a haber tanta yo por aquí, yo por aquí, cada uno por su lado, si no que van a ser más unidos.

Paulina: Además, van a haber menos emisiones de carbono (C) porque los carros no van a estar transportando (D), menos trancones (D), va a ser como un ambiente más sano (D), más limpio (D), se va respirar mejor(D).

Es manifiesta la cantidad de datos que aportó para dar fundamento a la conclusión, que en el caso de la estudiante es que si debe haber un día sin combustible fósil. Además, hizo alusión al narcotráfico, identificándolo desde una problemática actual con fuerte implicancia socio ambiental, pues al ponerlo en contexto durante su discurso mostró como el hecho de no contar con el combustible fósil esta actividad ilícita no podría llevarse a cabo. Por lo tanto, autores como Campaner y De Longhi, (2007), Maguregi et al. (2009), Solbes et al. (2010), Betancourth y Ortiz (2011), De Longhi et al. (2012), Dauer et al. (2013), Ruiz et al., (2013), Sánchez et al.,

(2015), Karisan y Topcu, (2016) encuentran en este tipo de prácticas y fenómenos de aula, la oportunidad de usar la competencia argumentativa en el aprendizaje mediante temas que resultan polémicos, atractivos y significativos.

Durante el episodio argumentativo 2, Paulina de igual manera que Antonia, no estuvo de acuerdo con la actividad de minería a cielos abiertos, mientras que Tomás si apoya la megaminería. A continuación, se muestran algunos segmentos de las intervenciones de la estudiante.

E14: Pero nosotros tenemos que tener más argumentos para tirarle a ellos, dejen hablar a Paulina.

Paulina: Voy a hacerlos a reflexionar(J) sobre, vea, Colombia es un país donde hay mucha... (C).

Antonia: 48 millones de personas.

Paulina: no, biodiversidad (C), muchos animales (D), plantas (D) y obviamente nos basamos en eso (J), sin ellos culpa de la megaminería se acaba la comida (J) (.) con eso podemos tener una ^ gran argumentación.

Según la intervención, la estudiante buscó convencer a sus compañeros sobre el porqué la minería a cielos abiertos no debe ser aceptada. De manera que, al expresar: “*con eso podemos tener una gran argumentación*” generó un cambio en la visión de la argumentación, donde pasó de ser informativa, a ser utilizada con la intención de persuadir y convencer (Chamizo, 2007: Henao y Stipcich 2008; Mejía et al., 2013; Ruiz et al., 2014).

Por otro lado, cuando hizo referencia a organismos como animales y plantas, los cuales hacen parte de la biodiversidad se presentó una situación contraria a la que plantean Eisen y Stavay (1992) citados por Melillán et al. (2006), quienes expresan que los estudiantes no reconocen otros organismos diferentes al ser humano en sus respuestas. Incluso, la presencia de dichos organismos la relacionó con el recurso alimenticio para los heterótrofos (M2 modelo a corto plazo) y, como la actividad minera podría acabar con dicho recurso (Le Quéré et al., 2015).

En una segunda intervención, los estudiantes estaban refiriéndose a la postura del E20, quien se mostró a favor de la megaminería. Retomando la discusión sobre el tema principal del debate preguntó a sus compañeros: “¿para ustedes, para todos como sería su vida si no existiera la megaminería?”, a lo cual, algunos respondieron que no habría tecnología y no tendríamos comodidades. Después el estudiante E01: hizo una pregunta a cerca de dicha tecnología, donde se presentó la siguiente intervención de Paulina:

E01: Y ¿de dónde va a sacar la madera? ^ ¿Cómo la va a talar?

E14: Con un hacha.

E01: Y ¿de dónde saca el hacha?

E14: La hacemos con piedras, ¿cómo vivían los cavernícolas sin necesidad de tantas cosas?

E20: El ser humano ha evolucionado, y a medida que evoluciona va a tener la necesidad, una ambición y sin la mega minería no podían cumplir esa ambición.

Tomás: = > Buen punto el que ustedes dicen, porque tampoco nos vamos a devolver muchos años a vivir como cavernícolas, ya estamos en la realidad ya nada podemos cambiar ¿no?, pues con toda la tecnología que hay, pero pues ^ en parte la mega minería

es buena y a la vez es más mala, tiene sus ventajas y sus desventajas, en un futuro, como decía Antonia (.), en un futuro, por la contaminación es peor, podemos estar viviendo mejor, pero la necesidad es peor.

Paulina: Bueno, voy a profundizar más (C), podemos estar viviendo más (D), mejor (D), pero bueno (M), al futuro que va a pasar (C), seguimos dañando árboles (D), y todo (D), nadie asegura que la tierra sea fértil (C), me refiero a que, en este momento estamos viviendo muy bien (D), sí, pero bueno, ¿al futuro qué? Sencillamente, nadie nos garantiza que (C) las plantas (D), los árboles (D), se reconstruyan literalmente (D), o las especies (D) ¿qué pasa? (C) Ellas no van a volver (J), porque cuanto dura eso (.), más de cuatro años (D), sacando oro (D) y todo eso (D), entonces las especies se van (C), somos un país que tenemos una gran cantidad de tipos de biodiversidad (C) y que pasa si se van (C), mueren (D), se extinguen (D). Y bueno, ustedes dicen acá que eso nos genera plata (C), pero (M) podemos ser un pulmón de la tierra (R), donde generemos arto oxígeno (C) y que a un futuro (D) los demás países están contaminando el planeta (D) y si nosotros nos quedamos acá (C) así por decirlo mal (D), a un futuro vamos a tener mucha plata por la gente que venga a visitarnos (J) ^ ¿me entienden?

Al analizar esta intervención, la cual se dio culminando el episodio argumentativo, se evidencia como la estudiante a medida que transcurrieron las intervenciones de sus compañeros incorporó en su discurso elementos tanto conceptuales como argumentativo. De este modo, se identificaron justificaciones que implicaron la validación de los datos y de las conclusiones, lo que permite establecer que basó sus razonamientos recurriendo a la estructura de sus conocimientos y buscó hacerlos aceptables (Aragón, 2007a).

Al finalizar el seguimiento de la estudiante nombrada bajo el pseudónimo de Paulina, se identificó un nivel argumentativo 5 (Ruiz et al., 2015) donde hizo uso de elementos argumentativos tales como datos, conclusiones y justificaciones que relacionó de manera clara. En cuanto a su modelo explicativo sucedió de forma similar a la de los niveles argumentativos, dado que incorporó elementos conceptuales de los tres modelos del ciclo del carbono. En consecuencia, se identificó un M5 para este momento final tal como lo muestran las respuestas del cuestionario único:

PaulinaR1: “El carbono no se ha acabado porque todavía quedan plantas en el mundo(C), pero si no hubiera plantas se nos acabaría todo el carbono (J), y si no hay carbono (D) no puede haber seres vivientes en la tierra (C) porque se nos acabaría con que respirar (D), comer (D)... ya que todo (C), absolutamente todo tiene carbono(C) entonces sin él no podríamos vivir” (J).

PaulinaR2: “Los seres vivos pueden obtener el carbono(C) respirando (D), comiendo(D) recibiendo luz (D), lluvia (D) de muchas formas se pueden obtener el carbono(C) porque está en todas partes(C) en la atmósfera (D) en biosfera (D) y en la litosfera (C) y se puede obtener de manera variada en tanto animales como los mismos seres humanos” (J).

PaulinaR3: “Sería muy afectado (C) ya que se pasaría mucha cantidad de un elemento (D) es decir, por ejemplo, hay una lavadora(D) y en el empaque dice no más dos kilos(D) porque podría ser riesgo(C) y digamos que echaste 4 kilos (D), la lavadora no resiste y al final explota y queda dañada (J) es lo mismo que pasa con este ciclo(D) en algún momento se romperá causando daños” (C).

Así pues, en el momento 3 (final) la estudiante tuvo un nivel 5 de argumentación en su etapa final, según la rejilla de orientación de Ruiz et al. (2015). Se identificaron: datos, conclusiones y justificaciones que relacionó de manera clara. Además, las justificaciones fueron garantes del argumento, las cuales vincularon los datos con las conclusiones (Toulmin, 2007; Ruiz, 2012; Pinochet, 2015, Aragón, 2007a). Ahora bien, al analizar los elementos conceptuales del modelo explicativo M5 se identificaron para cada modelo del ciclo que:

1. Ciclo del carbono a largo plazo, cuando aportó datos y conclusiones que hacen alusión a los elementos conceptuales de este ciclo, tales como *“absolutamente todo tiene carbono”*, *“de muchas formas se pueden obtener el carbono”*, *“está en todas partes”*, *“en la atmosfera”*, *“en biosfera”* y *“la litosfera”*. Estos, se relacionan con mecanismos lentos de transferencia de carbono entre diferentes sistemas superficiales, (Fairbridge, 1982; Jaramillo, 2004; Uriarte, 2003; Domic, 2011; Maldonado et al., 2007; Martín-Chivelet, 2010; Berner, 2004; Berner, 1999 citado por Martín-Chivelet, 2010).
2. Ciclo del carbono a corto plazo, cuando hizo referencia a: *“no se ha acabado porque todavía quedan plantas en el mundo”*, *“si no hubiera plantas se nos acabaría todo el carbono”*, *“si no hay carbono no puede haber seres vivos en la tierra”*, *“porque se nos acabaría con que respirar”*, *“comer”*, *“se puede obtener de manera variada”*, *“tanto animales”* y *“como los mismos seres humanos”*, la estudiante mostró elementos conceptuales del modelo a corto plazo, tales como fotosíntesis, retiro de CO₂ atmosférico fijado en plantas y oxido-reducción de los compuestos por respiración

metabólica tanto en autótrofos como en heterótrofos (Berner, 2004; Uriarte, 2003; Jaramillo, 2004; Rojas y Doss, 2014; Duarte et al., 2006; Domic, 2011; González et al., 2014; Garófalo et al., 2014).

3. Ciclo del carbono modificado por acción antrópica, al hacer mención de algunos datos y conclusiones, tales como: *“sería muy afectado”*, *“se pasaría mucha cantidad de un elemento”*, *“en algún momento se romperá causando daños”*, permitieron inferir elementos conceptuales del M3. Además, se identificó el uso de una analogía cuando dijo: *“por ejemplo, hay una lavadora y en el empaque dice no más dos kilos porque podría ser riesgo y digamos que echaste 4 kilos, la lavadora no resiste y al final explota y queda dañada es lo mismo que pasa con este ciclo en algún momento se romperá causando daños”*. De tal modo que, para explicar lo que sucederá con el planeta tierra al aumentar los niveles de dióxido de carbono la estudiante logró identificar el modelo del ciclo del carbono modificado por acción antrópica, recurriendo a sus propios modelos e hizo de estos una herramienta para explicar los fenómenos relacionados con la ciencia (Moreira et al., 2002; Adúriz-Bravo, 2009; Orrego et al., 2013). Añadido a esto, los datos, las conclusiones y la justificación se relacionaron con aspectos donde el hombre ha modificado el ciclo del carbono, como cambio climático producto del cambio en las dinámicas a corto plazo del ciclo, pérdida de biota, extinción de especies, entre otros (Arrhenius, 1896; Keeling et al., 1976; Uriarte, 2003; Couchoud, 2004; Saugier y Pontauiller, 2006; Duarte et al., 2006; Martín-Chivelet, 2010; Vilches y Gil., 2011, Brusi et al., 2013; Domic, 2011; Le Quéré et al., 2015).

La figura 10 muestra el seguimiento de Paulina durante los momentos 1, 2 y 3 de la investigación.

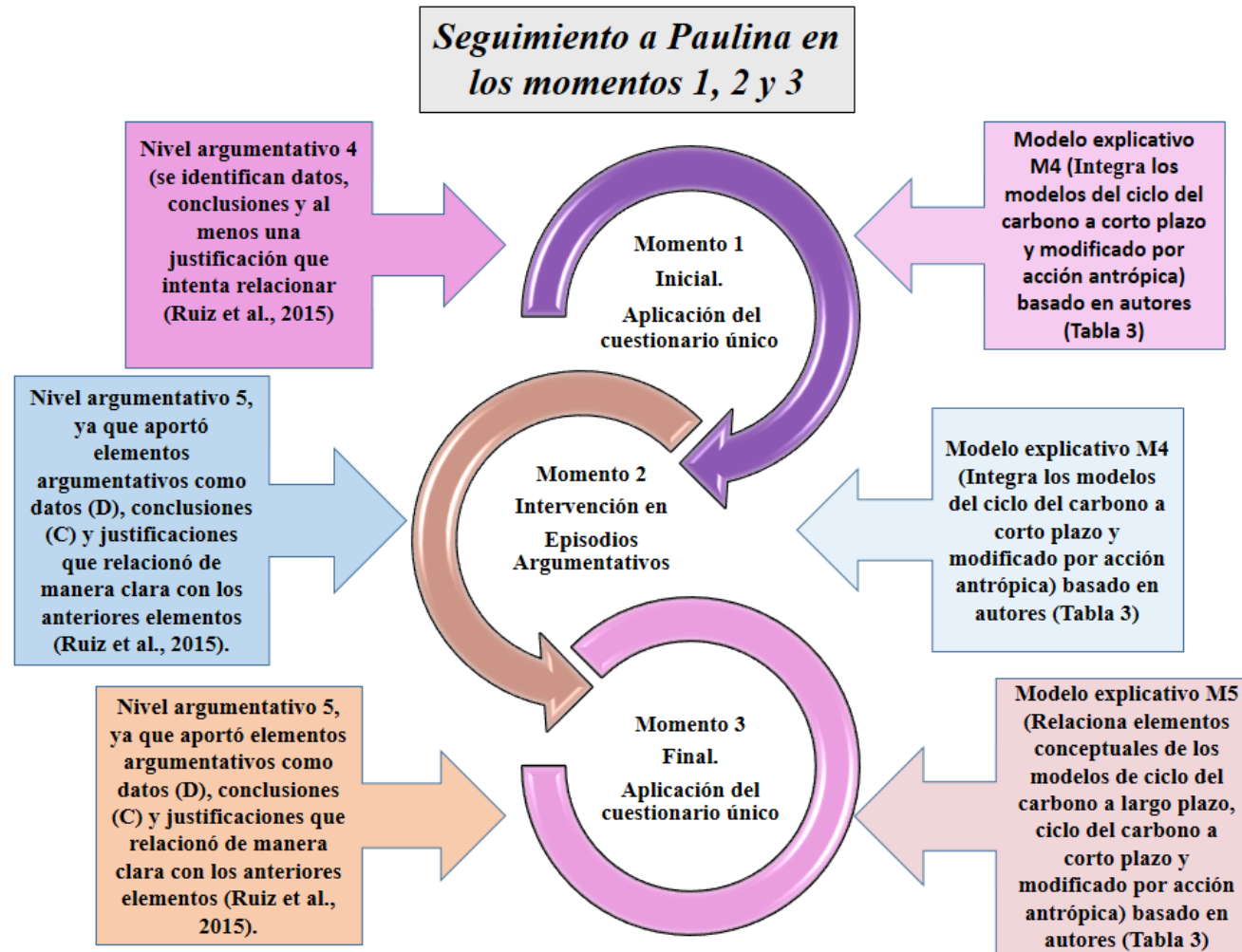


Figura 10. Seguimiento a Paulina. Elaboración propia.

Para finalizar este capítulo, se hizo evidente que al “hablar ciencia” como sugiere Revel et al. (2005) se da una mayor estructuración, dado que los estudiantes aportaron elementos argumentativos tanto en las respuestas escritas como en las intervenciones de carácter oral. Por tanto, su el lenguaje científico mejoró sustancialmente después de la intervención didáctica, puesto que los estudiantes pasaron de tener un modelo M4 integrado por los modelos de ciclo del carbono a corto plazo y modificado por acción antrópica, a un modelo M5, donde fueron incorporados elementos conceptuales del modelo ciclo del carbono de largo plazo. A su vez, estos elementos conceptuales estuvieron relacionados con la estructura de sus argumentos, pues con el uso de datos, conclusiones y justificaciones, los estudiantes lograron explicar los fenómenos relacionados con el ciclo del carbono en general (Ruiz et al., 2015; Tamayo, 2012; 2013).

5. Conclusiones y recomendaciones

El presente capítulo, está constituido por las conclusiones que dan muestra de la culminación del proceso de investigación llevado a cabo. En primer lugar, se exponen las conclusiones generales, las cuales parten de los alcances que tuvieron los objetivos y de la respuesta a la pregunta de investigación. Luego, se encuentran las conclusiones particulares que surgieron del análisis al seguimiento de los tres estudiantes. Para finalizar, se exponen algunas recomendaciones.

5.1 Conclusiones generales

Para comenzar con las conclusiones generales, hay que tener en cuenta la pregunta *¿Cómo se relacionan los niveles argumentativos con los modelos explicativos del ciclo del carbono en estudiantes de básica secundaria?*, que se formuló al inicio de la investigación. Así, para dar respuesta al interrogante se plantearon unos objetivos, de los cuales se concluye:

- Para identificar los niveles de argumentación y los modelos explicativos iniciales del ciclo del carbono en los estudiantes, fue fundamental el cuestionario único en el momento 1, donde se partió de unas preguntas que fueron intencionadas y que requirió, motivaran a los estudiantes a reflexionar sobre sus saberes (Ruiz et al., 2012). De esta manera, se identificó que los estudiantes en su mayoría tuvieron un modelo explicativo M4, lo cual mostró que de los 36 estudiantes que constituyeron la unidad de trabajo, 30 de ellos integraron elementos conceptuales de los modelos explicativos del ciclo del

carbono a corto plazo y del modificado por acción antrópica, y que sus niveles argumentativos fueron 3 y 4, lo que mostró que para este modelo integrado los estudiantes hicieron uso de datos, conclusiones y una justificación que intentaron relacionar (Ruiz et al., 2015). Así mismo, fueron escasos los elementos conceptuales del modelo explicativo del ciclo del carbono a largo plazo en el momento inicial, lo cual se relacionó con bajos niveles argumentativos, donde se evidenciaron argumentos sencillos, con elementos de carácter básico (Toulmin, 2007, p.135) que presentaron a su vez poca o ninguna relación (Ruiz et al., 2015). Para el caso del modelo M5 que relaciona elementos conceptuales de los 3 modelos explicativos, se encontró que solamente un estudiante con nivel 3 de argumentación, lo presentó. En este sentido uno de los obstáculos identificados podría estar relacionado con la ausencia de elementos conceptuales en las planeaciones académicas escolares de la básica primaria como: meteorización, vulcanización, choque de placas tectónicas, cambios climáticos a gran escala, entre otros que hacen parte del modelo del ciclo del carbono a largo plazo. Esto a su vez, podría deberse a que, temas como respiración, fotosíntesis y modificación a la superficie terrestre por acción antrópica resulten más comunes en dichas planeaciones.

- El diseño y aplicación de la secuencia didáctica, fueron esenciales varios aspectos. Primero, haber identificado los obstáculos de los estudiantes en una fase de exploración se constituyó en el insumo para el diseño de la estrategia didáctica. Luego, para lograr que los estudiantes tuvieran una aproximación al modelo explicativo de la comunidad científica, fue necesario hacer un rastreo histórico del modelo explicativo del

ciclo del carbono y así reconocer como ha sido comprendido a lo largo de la historia. En tercer lugar, resultó pertinente la estrategia propuesta por Sanmartí (2000) basada en los ciclos de aprendizaje, lo cual que permitió que se considerarán diferentes propuestas de selección y secuenciación de actividades, comprendidas en 4 fases. La de exploración, donde se identificaron las categorías en su fase inicial y algunos los obstáculos que fueron básicos para la segunda fase, donde se buscó promover la movilización de los modelos explicativos iniciales a través de las actividades que estructuraron el conocimiento. Una última fase correspondió a las actividades de aplicación, que se centraron en resolver situaciones de tipo socio-científico haciendo uso de la competencia argumentativa. Así pues, la estrategia influyó favorablemente en la comprensión de los diferentes fenómenos relacionados con el ciclo del carbono y con el uso de elementos argumentativos, lo que se reflejó en el lenguaje empleado por los estudiantes, de tal manera que se constituyó en un indicador de alfabetización científica y ambiental (Maguregi et al., 2009; Dauer et al., 2013; Karisan et al., 2016; Erdurán et al., 2015; Puig, 2010).

- Después de analizar los modelos explicativos del ciclo del carbono y la estructura de los argumentos de los estudiantes se lograron identificar varios cambios que son importantes de mencionar. En lo que respecta a los modelos explicativos finales del ciclo del carbono, se evidenció que 20 estudiantes, de los que constituyeron la unidad de trabajo (36) incorporaron elementos conceptuales de los 3 modelos del ciclo del carbono. En consecuencia, un número considerable de estudiantes transformaron su modelo

explicativo a un modelo M5. Esto a su vez, tuvo una estrecha relación con los niveles argumentativos según la rejilla de orientación de Ruiz et al. (2015), puesto que presentaron para el momento 3 (final), niveles de argumentación desde el 3 hasta el 5. De modo que, sus argumentos respecto al ciclo del carbono incluyeron desde datos y conclusiones hasta justificaciones que relacionaron de manera clara. Por otro lado, es importante mencionar que ningún estudiante fue identificado con niveles 1 o 2 de argumentación y en lo que se refiere a los modelos explicativos, sólo un estudiante tuvo en sus respuestas elementos conceptuales de un único modelo de ciclo del carbono. No obstante, dicho estudiante tuvo un nivel 3 de argumentación, lo que muestra que a pesar de presentar un solo modelo explicativo (M3), en sus argumentos se identificaron datos y una o más conclusiones que presentaron relación.

5.2 Conclusiones particulares

Estas conclusiones parten del análisis hecho durante el seguimiento a los tres estudiantes que fueron nombrados con los pseudónimos de Antonia, Tomás y Paulina.

- Para iniciar, se logró identificar que los estudiantes relacionados fueron una muestra significativa del cómo después de la intervención didáctica se incorporaron datos, conclusiones, justificaciones e incluso refutaciones y cualificadores modales tanto en los en las respuestas del cuestionario único, como en los episodios argumentativos. Así, al justificar utilizaron principios y recurrieron a los elementos conceptuales que fueron incorporando durante las diferentes etapas del proceso (Aragón, 2007a).

- Los tres estudiantes mostraron un mejor nivel argumentativo, dos de ellos (Antonia y Paulina) pasaron de tener un nivel 4 de argumentación a un nivel 5, incluso en el caso del estudiante nombrado como Tomás, quien tuvo un nivel argumentativo 4 al inicio y al final del proceso, mostró un aumento en el uso de elementos argumentativos. Por tanto, los estudiantes mostraron mejores argumentos al hacer uso de datos, conclusiones y justificaciones respecto al modelo explicativo del ciclo del carbono (Ruiz et al., 2015).
- Respecto a sus modelos explicativos mostraron una transformación, puesto que en un inicio tuvieron un modelo M4, donde integraron elementos conceptuales de los modelos del ciclo del carbono a corto plazo y modificado por acción antrópica e incorporaron elementos conceptuales del M1, modelo ciclo del carbono de largo plazo. En consecuencia, las actividades propuestas en la secuencia didáctica favorecieron la incorporación de elementos de este modelo (M1), el cual podría ser poco común en las planeaciones académicas.
- Los tres estudiantes participaron de forma dinámica, mostrando gran interés en las actividades propuestas durante la secuencia didáctica, principalmente en los espacios de discusión, los cuales resultaron ser escenarios propicios para demostrar el uso de la competencia argumentativa al persuadir y convencer a sus compañeros (Henao y Stipcich, 2008; Mejía et al., 2013; Ruiz et al., 2014).

- En lo que se refiere a los obstáculos que se identificaron no sólo en los 3 estudiantes sino para el grupo en general. Por ejemplo, en el momento 1 los seres vivos que se evidenciaron en las respuestas fueron, en primer lugar, el ser humano y en pocas ocasiones nombraron las plantas. Ya en los debates y en el momento 3, mencionaron otras especies de animales diferentes al ser humano. No obstante, ningún estudiante nombró organismos de otros reinos, como hongos, bacterias o protistas. Esto, puede deducirse como indicador que, en las actividades propuestas en las clases de Ciencias Naturales los organismos más nombrados son los seres humanos, los árboles y animales domésticos. Por otro lado, no se evidenció en el momento final el obstáculo de tipo utilitario (Mora, 2002), lo cual muestra que la concepción del ser humano como organismo que ejerce control en los diferentes procesos que ocurren en el ciclo del carbono, pasó a ser una concepción donde los seres humanos hacemos parte de los procesos y fenómenos del ciclo del carbono (Eisen y Stavy 1992, citados por Melillán et al., 2006).
- Las actividades que tuvieron implicaciones sociales sirvieron para fundamentar los argumentos de los estudiantes, de esta manera como lo expresa Pinochet (2015), los problemas científicos no son tan significativos como los socio-científicos. En el caso del episodio argumentativo relacionado con tener un día sin combustible fósil, los estudiantes admitieron soluciones no técnicas, que se basaron en experiencias y apreciaciones personales. Así pues, los 3 estudiantes no tuvieron siempre la misma postura, puesto que en algunas ocasiones estuvieron a favor de las propuestas y en otras estuvieron en contra,

lo que evidenció escalas de valor diferentes a nivel individual y de estudiante a estudiante (Pinochet, 2015, p.320). Incluso, cuando hicieron un acercamiento a la realidad que vivimos se hizo notorio que el proceso de paz que tuvo el país para esa época reflejó lo sugerido por Candela (2006), dado que mostró ser significativo para los estudiantes cuando tomaron posturas. Por consiguiente, resultó preciso la formulación de preguntas mediadoras, que permitieron a los estudiantes focalizarse en el tema de discusión a la vez que promovieron un mejor nivel de explicación de los fenómenos (Márquez et al., 2004; Ruiz et al., 2013b).

- La rejilla de orientación para ubicar los niveles de argumentación de los estudiantes propuesta por Ruiz et al. (2015) fue una herramienta esencial durante el proceso, ya que facilitó la identificación de los elementos argumentativos propuestos por Toulmin (2007) en los argumentos de los estudiantes y posibilitó comprender la relación que tienen con los MEE.

5.3 Recomendaciones

Teniendo en cuenta los resultados y las conclusiones que se tuvieron al finalizar la investigación surgieron algunas sugerencias que pueden ser tenidas en cuenta para próximos trabajos relacionados con los ejes tratados.

- Elaborar instrumentos con preguntas que permitan identificar los modelos explicativos es una estrategia que resulta favorable en los diferentes niveles de educación, desde la básica primaria hasta la educación media y técnica, puesto que las respuestas que se obtienen se convierten en un insumo fundamental para reconocer los obstáculos del aprendizaje y de esta manera diseñar actividades que sean de tipo constructivista, lo cual permitirá que las prácticas de transmisión – recepción sean cambiadas por otras que favorezcan los procesos de enseñanza aprendizaje.
- Realizar un rastreo histórico de los modelos explicativos de comunidades científicas resulta ser indispensable para reconocer las formas que han tenido dichas comunidades para explicar los fenómenos que ocurren en el universo. Así, se podrán abordar de manera más puntual los obstáculos que se identifican en los estudiantes, comprender sus modelos explicativos y, en consecuencia, acercarlos a los modelos científicos.
- Diseñar e implementar actividades que promuevan la competencia argumentativa, puesto que permite identificar las fortalezas y las debilidades de los estudiantes en sus modelos explicativos, en lo actitudinal y emocional (Tamayo et al., 2011). Así mismo, permitir que el estudiante sea consciente de su proceso de aprendizaje facilitará un monitoreo, evaluación y regulación de sus desempeños (Sánchez et al., 2015).

Bibliografía

- Abela, J. A. (2002). Las técnicas de análisis de contenido: una revisión actualizada.
- Adúriz-Bravo, A., & Izquierdo, M. (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las Ciencias Naturales. *Revista electrónica de investigación en educación en ciencias*, 4(3).
- Adúriz- Bravo, A. (2010). Hacia una didáctica de las ciencias experimentales basada en modelos. II Congreso Internacional en didácticas específicas, nº 248. *Recuperado de:* <http://www.udg.edu/portals/3/didactiques2010/guiacdii/ACABADES%20FINAL/248.pdf>.
- Álvarez, O. (2011). Incidencia de las representaciones múltiples en la formación del concepto Transporte celular en estudiantes universitarios (tesis de maestría). Universidad Autónoma de Manizales.
- Álvarez, O., & Muñoz, J. (2014). Las representaciones múltiples como estrategia didáctica en la formación de maestros y maestras en educación para la primera infancia INFANCIAS Y JUVENTUDES LATINOAMERICANAS, *Centro de Estudios Avanzados en Niñez y Juventud – CINDE*. Universidad de Manizales
- Ana. G. Méndez (2010). Actividades ambientales para maestros de secundaria. Programa de Capacitación Científica para la Inmersión en la Naturaleza PCCIN. Universidad Metropolitana UMET. San Juan de Puerto Rico

- Aragón, M. (2007a). Las ciencias experimentales y la enseñanza bilingüe. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. 4(1). 152-175.
- Aragón, M. (2007b). Reseña de "La comprensión de los estudiantes sobre el papel de los modelos científicos en el aprendizaje de las ciencias" de D.F. Treagust. G Chittleborough y T L Mamiala. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. Abril. 364-366
- Arrhenius S. (1896). On the Influence of Carbonic Acid the Air upon the Temperature of the Ground. *Philosophical Magazine and Journal of Science Series 5, Volume 41*. 237-276.
- Benavides, M., & Gómez, C. (2005). Métodos en investigación cualitativa: triangulación. *Revista colombiana de psiquiatría*, 34(1), 118-124.
- Betancourth, J., & Ortiz Hurtado, M. (2011). *Aproximación al estado del arte sobre la argumentación en la enseñanza de las ciencias (2005-2010)*. Universidad del Valle, 1-110.
- Berland, L., & McNeill, K. (2012). For whom is argument and explanation a necessary distinction? A response to Osborne and Patterson. *Science Education*, 96(5), 808-813.
- Berner, R. (1999) A new look at the long-term carbon cycle. *GSA Today*, 9,1-6.
- Berner, R. (2004). *The Phanerozoic Carbon Cycle: CO₂ and O₂*. Oxford University Press.
- Brusi, D., Roqué, C., & Mas-Pla, J. (2013). Fundamentos conceptuales y didácticos: Los procesos geológicos externos: las infinitas interacciones en la superficie de la Tierra. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 21(2), 181-194.

- Buitrago, A., Mejía, N., & Hernández, R. (2013). La argumentación: de la retórica a la enseñanza de las ciencias. *Innovación educativa (México, DF)*, 13(63), 17-40.
- Campaner, G., & De Longhi, A. (2007). La argumentación en Educación Ambiental. Una estrategia didáctica para la escuela media. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 442-456.
- Candela, A. (1991). Argumentación y conocimiento científico escolar. *Infancia y aprendizaje*, 14(55), 13-28.
- Candela, A. (1999). *Ciencia en el aula: los alumnos entre la argumentación y el consenso*.
- Candela, A. (2006). Del conocimiento extraescolar al conocimiento científico escolar: un estudio etnográfico en aulas de la escuela primaria. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 11(30).
- Cano, M. (2010). Argumentació i construcció del coneixement: Estratègies argumentatives dels estudiants universitaris en situació de debat (tesis doctoral). Universitat Ramon Llull. Barcelona
- Capuano, V., Dima, G., Botta, I., Follari, B., De la Fuente, A., Gutiérrez, E., & Perrotta, M. (2007). Una experiencia de aula para la enseñanza del concepto de modelo atómico en 8. ° EGB. *Revista Iberoamericana de Educación*, 44(2).
- Cardona, D. & Tamayo, O. (2009). Modelos de argumentación en ciencias: una aplicación a la genética. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud*, 7(2), 1545-1571.

- Chamizo, J. (2007). Las aportaciones de Toulmin a la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 25(1), 133-146.
- Chamizo, J. (2010). Una tipología de los modelos para la enseñanza de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7 (1), pp. 26 - 41.
- Couchoud, M. (2004). Detección y medida de niveles de CO₂ en la atmósfera: principales consecuencias. *Revista Física y Sociedad*, N°. 15, 6-11.
- Dauer, J., Miller, H., & Anderson, C. (2013). Students' inquiry and argumentation about carbon transforming processes. In *National Association for Research in Science Teaching conference, Rio Grande, Puerto Rico*.
- De Longhi, A., Ferreyra, A., Peme, C., Bermudez, G., Quse, L., Martínez, S., & Campaner, G. (2012). La interacción comunicativa en clases de ciencias naturales. Un análisis didáctico a través de circuitos discursivos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(2).
- Deslauriers, J. (2004). *Investigación cualitativa: guía práctica*. Papiro.
- Díaz-Barriga, Á. (2013). TIC en el trabajo del aula: Impacto en la planeación didáctica. *Revista iberoamericana de educación superior*, 4(10), 3-21. Recuperado en 09 de noviembre de 2017, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-28722013000200001&lng=es&tlng=es.
- Domic, A. (2011). Biodiversidad y conservación: una guía informativa. *Asociación para la Biología de la Conservación-Bolivia, La Paz*, 7-23.

- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science education*, 84(3), 287-312.
- Duarte, C., Alonso, S., Benito, G., Dachs, J., Montes, C., Pardo Buendía, M., & Valladares, F. (2006). *Cambio Global. Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra*. CSIC. Consejo superior de investigaciones científicas
- Duschl, R., & Osborne, J. (2002). Supporting and promoting argumentation discourse in science education.
- Erduran, S., Simon, S., & Osborne, J. (2004). TAPping into argumentation: developments in the application of Toulmin's argument pattern for studying science discourse. *Science Education*, 55(6), 915-933.
- Erduran, S., Ozdem, Y., & Park, J. (2015). Research trends on argumentation in science education: a journal content analysis from 1998–2014. *International Journal of STEM Education*, 2(1), 1.
- Fairbridge, R. (1982). Historia del clima de la Tierra. *Compiladores*, 93.
- Felipe, A., Gallarreta, S., & Merino, G. (2005). La modelización en la enseñanza de la biología del desarrollo. *Revista electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4(3), 1-32.
- Galagovsky, L., & Adúriz-Bravo, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 19(2), 231-242.
- García, C. (2003). La filosofía geológica en los inicios del siglo XX: Marco epistemológico de la deriva continental. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 11(1), 28-37

- García, G. (2016). *Aprendizaje basado en problemas y argumentación, herramientas para promover cambios en los modelos explicativos sobre el infarto agudo del miocardio* (tesis de maestría). Universidad Tecnológica de Pereira.
- García, I., & Lima de Oliveira, G. (2012). Sobre el cambio climático y el cambio de los modelos de pensamiento de los alumnos sección investigación didáctica. *Enseñanza de las Ciencias*, 30(3), 0195-218.
- Garófalo, S., Alonso, M., & Galagovsky, L. (2014). Nueva propuesta teórica sobre obstáculos epistemológicos de aprendizaje. El caso del metabolismo de los carbohidratos. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 32(3), 155-171.
- Gaviria, E. (2006). Evolución de los modelos explicativos de la fotosíntesis a través de las representaciones externas.
- Giannuzzo, A. (2010). Los estudios sobre el ambiente y la ciencia ambiental. *Scientiae Studia*, 8(1), 129-156.
- González, C., Martínez, C., & García, S. (2014). El modelo de nutrición vegetal a través de la historia y su importancia para la enseñanza. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 11(1).
- Greca, I., & Moreira, M. (1998). Modelos mentales, modelos conceptuales y modelización. *Caderno catarinense de ensino de física. Florianópolis. Vol. 15, no. 2 (ago. 1998), p. 107-120.*

- Henao, B., & Stipcich, M. (2008). Educación en ciencias y argumentación: la perspectiva de Toulmin como posible respuesta a las demandas y desafíos contemporáneos para la enseñanza de las Ciencias Experimentales. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 7(1), 47-62.
- Henao, B. (2010). Hacia la construcción de una ecología representacional: aproximación al aprendizaje como argumentación desde la perspectiva de Stephen Toulmin (tesis doctoral). Universidad de Burgos.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación. Sexta Edición. Editorial Mc Graw Hill. México.
- Ingham, A., & Gilbert, J. (1991). The use of analogue models by students of chemistry at higher education level. *International Journal of Science Education*, 13(2), 193-202.
- Izquierdo-Aymerich, M., & Adúriz-Bravo, A. (2005). Los modelos teóricos para la ciencia escolar: Un ejemplo de química. *Enseñanza de las ciencias*, (Extra).
- Jaramillo, V. (2004). El ciclo global del carbono. *Cambio climático: una visión desde México*, 77.
- Jiménez-Aleixandre, M., Rodríguez, A., & Duschl, R. (2000). Doing the lesson or doing science: argument in high school genetics. *Science Education*, 84(b), 757-792.
- Jiménez-Aleixandre, M., & Díaz, J. (2003). Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(3), 359-370.
- Jiménez-Aleixandre, M. (2010). *10 Ideas Clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas* (Vol. 12). Graó.

- Jiménez-Aleixandre, M. & Puig, B. (2013). El papel de la argumentación en la clase de ciencias. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, (75), 85-90.
- Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 24(2), 173-184.
- Karisan, D., & Topcu, M. (2016). Preservice Science Teachers' Written Argumentation Skills: The Global Climate Change Issue. *International Journal of Environmental & Science Education*, 11(6), 1347-1363.
- Keeling, C., Bacastow, R., Bainbridge, A., Ekdahl Jr, C., Guenther, P., Waterman, L., & Chin, J. (1976). Atmospheric carbon dioxide variations at Mauna Loa observatory, Hawaii. *Tellus*, 28(6), 538-551.
- Ladino, N., Ortiz, C., Arévalo, H., & Suárez, G. (2008). Resolución de problemas en ciencias a través de la argumentación. *Magistro*, 2 (3), 65-87.
- Le Quéré, C., Moriarty, R., Andrew, R., Peters, G., Ciais, P., Friedlingstein, P., & Boden, T. (2015). Global carbon budget 2014. *Earth System Science Data*, 7(1), 47-85.
- Maguregi, G., Jiménez- Aleixandre, M., & Uskola, A. (2009). La competencia argumentativa en la toma de decisiones ante un problema ambiental. *Enseñanza de las Ciencias*, (Extra), 1097-1100.
- Maldonado, F., González, F., & Jiménez, M. (2007). Las ilustraciones de los ciclos biogeoquímicos del carbono y nitrógeno en los textos de secundaria.

- Márquez, C., Roca, M., Gómez, A., Sardá, A., & Pujol, R. (2004). La construcción de modelos explicativos complejos mediante preguntas mediadoras. *Investigación en la Escuela*, 53, 71-81.
- Márquez, C., & Roca, M. (2009). Plantear preguntas: un punto de partida para aprender ciencias. *Revista Educación y pedagogía*, 18(45).
- Martín-Chivelet, J. (2010). Ciclo del carbono y clima: la perspectiva geológica. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 18(1), 33-46.
- Mayz, C. (2009). ¿Cómo desarrollar, de una manera comprensiva, el análisis cualitativo de los datos? *Educere*, 13(44), 56-66. Recuperado de:
http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-49102009000100007
- McVay, K., & Rice, C. (2005). El carbono orgánico del suelo y el ciclo global del carbono. *Revista técnica*.
- Mejía, L., Abril, J., & Martínez, Á. (2013). La argumentación en la enseñanza de las ciencias. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (Colombia)*, 9(1), 11-28.
- Melillán, M., Cañal, P., & Vega, M. (2006). Las concepciones de los estudiantes sobre la fotosíntesis y la respiración: una revisión sobre la investigación didáctica en el campo de la enseñanza y el aprendizaje de la nutrición de las plantas. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 24(3), 401-410.
- Mohan, L., & Anderson, C. (2009). Teaching experiments and the carbon cycle learning progression. In *Learning Progressions in Science (LeaPS) Conference*.

- Mora, A. (2002). Obstáculos epistemológicos que afectan el proceso de construcción de conceptos del área de ciencias en niños de edad escolar. *InterSedes: Revista de las Sedes Regionales*, 3(5)
- Moreira, M., Greca, I., & Palmero, M. (2002). Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias (Mental models and conceptual models in the teaching & learning of science). *Revista Brasileira de Investigação em Educação em Ciências*, 2(3), 84-96.
- Núñez, F., & Hernández, E. (1996). Modelos conceptuales sobre las relaciones entre digestión, respiración y circulación. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 14(3), 261-278.
- Orrego, M., Tamayo O., & López, A. (2012). Modelos mentales y obstáculos en el aprendizaje de estudiantes universitarios sobre el sistema inmune. *Revista EDUCyT*, Vol. 6, pp. 88-102.
- Orrego, M., López A., & Tamayo, O (2013). Evolución de los modelos explicativos de fagocitosis en estudiantes universitarios. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*. No. 1, Vol. 9, pp. 79-106. Manizales: Universidad de Caldas.
- Orrego, M., Tamayo, O., & Ruiz, F. (2016). Unidades didácticas para la enseñanza de las ciencias, Colección Estudios Sociales y Empresariales, Universidad Autónoma de Manizales (UAM).
- Osborne, J. (2007). Towards a more social pedagogy in science education: the role of argumentation. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 7(1).

- Pájaro, P., & Trejos, S. (2017). *Desarrollo de la competencia argumentativa y su relación con los modelos explicativos del concepto de tejido muscular en el aula de séptimo grado* (tesis de maestría). Universidad Tecnológica de Pereira.
- Pinochet, J. (2015). El modelo argumentativo de Toulmin y la educación en ciencias: una revisión argumentada. *Ciencia & Educação*, 21(2), 307-327.
- Pinzón, L. (2014). Aportes de la argumentación en la constitución de pensamiento crítico en el dominio específico de la química (tesis de maestría) Universidad Tecnológica de Pereira.
- Pipitone, C., Sardà, A., & Sanmartí, N. (2008). Favorecer la argumentación en la clase. *Áreas y Estrategias de Investigación en la Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 105.
- Plantin, C. (1996). *L'argumentation*. Paris, Seuil
- Plantin, C. (2012). *La argumentación: historia, teorías, perspectivas* (p. 114). Biblios.
- Puig, B. (2010). Argumentación y evaluación de explicaciones causales en ciencias: el caso de la inteligencia. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, (63), 11-18.
- Quintanilla, M., Daza, S., & Merino, C. (2010). Unidades didácticas en biología y educación ambiental. *Su contribución a la promoción de competencias de pensamiento científico. Fondecyt*, 4, 12-32.
- Revel, A., Couló, A., Erduran, S., Furman, M., Iglesia, P., & Adúriz-Bravo, A. (2005). Estudios sobre la enseñanza de la argumentación científica escolar. *Enseñanza de las Ciencias*, (Extra).

- Revel, A., Meinardi, E., & Adúriz -Bravo, A. (2014). La argumentación científica escolar: contribución a la comprensión de un modelo complejo de salud y enfermedad. *Ciência & Educação (Bauru)*, 20(4).
- Rodríguez-Pire, L. (1951). Estructura, macro y microscópica del carbón. *Revista de Ciencias, I* (1), 3-28 de la Universidad de Oviedo.
- Rojas, C. & Doss, R. (2014) Carbono, bosques y micorrizas: una “negación de investigación imperativa”. Recuperado el 30 de mayo de 2016.
- Rojas, W. (2016) Modelos de argumentación en el aprendizaje de la transmisión del impulso nervioso (tesis de maestría). Universidad de Caldas. Manizales.
- Roys, J. (2011) *Integración del ciclo del carbono en el proceso de nutrición y bioquímica celular para alcanzar aprendizajes significativos en estudiantes del grado 11 de la Escuela Normal Superior De Ibagué* (tesis doctoral). Universidad Nacional de Colombia.
- Ruiz, F., Sánchez, J., Jaramillo, C., & Tamayo, O. (2005). Pensamiento docente en profesores de Ciencias Naturales. *Enseñanza de las Ciencias*, (Extra), 1-5.
- Ruiz, F. (2007). Modelos didácticos para la enseñanza de las Ciencias Naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (Colombia)*, 2, 41-60.
- Ruiz, F. (2012) *Caracterización y evolución de los modelos de enseñanza de la argumentación en clase de ciencias en la educación primaria* (tesis doctoral). Universidad Autónoma de Barcelona.

- Ruiz, F., Tamayo, O. & Márquez, C. (2013a). Cambios en el nivel argumentativo de los textos contruidos por los docentes que participan en un proceso de reflexión crítica sobre la argumentación y su desarrollo en el aula. En P. Membiela, N. Casado & M. Cebreiros: Retos y perspectivas en la enseñanza de las ciencias. (pp. 341 – 346). Ourense: Educación Editora.
- Ruiz, F., Tamayo, O., & Márquez, C. (2013b). Los Episodios Argumentativos Y Las preguntas, Como Indicadores De Procesos Argumentativos En Ciencias. *Revista Virtual EDUCyT*, 9.
- Ruiz, F., Tamayo, O., & Márquez, C. (2014). Cambio en las concepciones de los docentes sobre la argumentación y su desarrollo en clase de ciencias. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 32(3), 53-70.
- Ruiz, F., Tamayo, O., & Márquez, C. (2015). La argumentación en clase de ciencias, un modelo para su enseñanza. *Educacao e pesquisa*, 41(3), 629-646.
- Sánchez, J., Castaño, O. & Tamayo, O. (2015). La argumentación metacognitiva en el aula de ciencias. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud*, 13 (2), pp. 1153-1168.
- Sánchez, L., González, J., & García, Á. (2013). La argumentación en la enseñanza de las ciencias. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (1900-9895)*, 9(1).
- Sardá, A. & Sanmartí, N. (2000). Enseñar a argumentar científicamente: un reto de lea clases de ciencias. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 18(3), 405-422.

- Sanmartí, N. (1996). Para aprender ciencias hace falta aprender a hablar sobre las experiencias y sobre las ideas. *Textos de didáctica de la lengua y la literatura*, 8, 26-39.
- Sanmartí, N. (2000). El diseño de unidades didácticas. *Didáctica de las ciencias experimentales*, 239-276.
- Santibañez, C. (2013). Retórica, dialéctica o pragmática: a 50 años de " Los usos de la argumentación" de Stephen Toulmin. *Círculo de lingüística aplicada a la comunicación*, 42, 91-125.
- Sardà, A., & Sanmartí, N. (2000). Enseñar a argumentar científicamente. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(3), 405-422.
- Saugier, B., & Pontailier, J. (2006). El ciclo global del carbono y sus consecuencias en la fotosíntesis en el Altiplano boliviano. *Ecología en Bolivia*, 41(3), 71-85.
- Solbes, J., Ruiz, J., & Furió, C. (2010). Debates y argumentación en las clases de física y química. *Alambique*, 63, 65-76.
- Tamayo, O., Vasco, C., Suárez, M., Quiceno, C., García, L. I., & Giraldo, A. (2011). La clase multimodal y la formación y evolución de conceptos científicos a través del uso de tecnologías de la información y la comunicación.
- Tamayo, O. (2012). La argumentación como constituyente del pensamiento crítico en niños. *Hallazgos*, 9(17).te
- Tamayo, O. (2013). Modelos y modelización en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, (Extra), 03484-3487.

- Taylor, S., & Bogdan, R. (1987). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación* (Vol. 1). Barcelona: Paidós.
- Tobón, S., Pimienta, J. & García, J. (2010). Secuencias didácticas: aprendizaje y evaluación de competencias
- Toulmin, S. (2007). Los usos de la argumentación (Trad. de María Morrás y Victoria Pineda). *Barcelona: Península*.
- Trillo, J. (2013). Fundamentos conceptuales y didácticos: La tierra como sistema. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 21(2), 130-138.
- Uriarte, A. (2003). Historia del clima de la Tierra. *Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco*.
- Van Eemeren, F., Grootendorst, R., Johnson, R., Plantin, C., & Willard, C. (2013). *Fundamentals of argumentation theory: A handbook of historical backgrounds and contemporary developments*. Routledge.
- Vilches, A., y Gil, D. (2011). El Antropoceno como oportunidad para reorientar el comportamiento humano y construir un futuro sostenible. *Revista electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 10(3).
- Zapata, D. (2016). Enseñanza de la argumentación en la clase de ciencias: diseño de una secuencia didáctica para estudiantes de quinto de básica primaria sobre el concepto germinación de semillas (tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín, 2-146

Anexos**Anexo 1. Cuestionario único**

Maestría en Educación-UTP

Instrumento de investigación

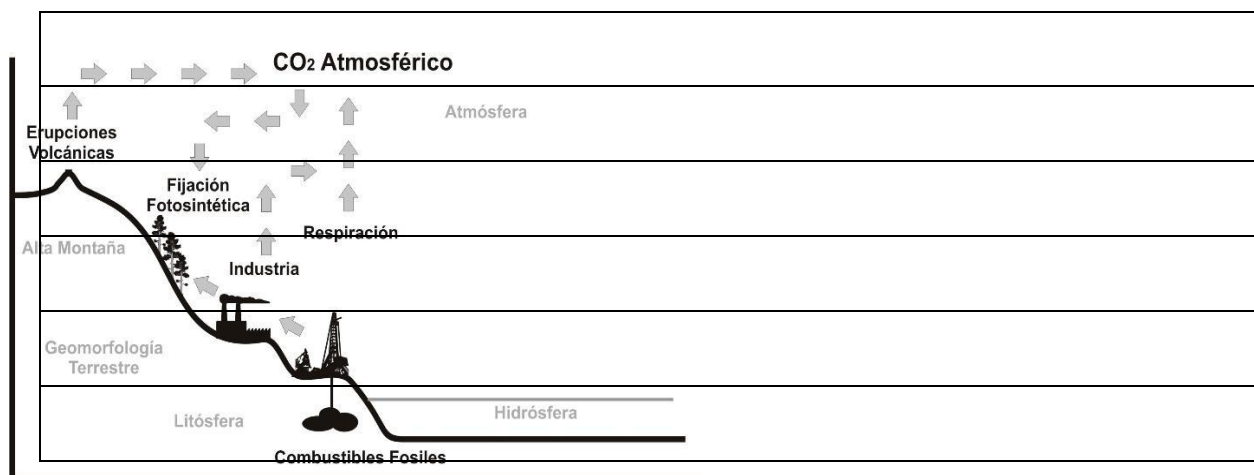
Institución Educativa CASD - Hermógenes Maza

Nombre: _____ Grado: _____ Fecha: _____

A continuación, encontrarás una serie de preguntas entre las cuales debes justificar claramente tu respuesta. Es muy importante que en la respuesta trates de explicar de forma clara lo que sucede y que uses todo el espacio propuesto.

1. Si cada ser vivo necesita carbono, ¿por qué no se ha acabado?

2. ¿De qué forma piensas que los seres vivos pueden obtener el carbono que necesitan?.



Los contaminantes de la atmósfera son sustancias que se incorporan al aire, producto de la acción humana. Si bien el CO es un gas natural de la atmósfera, en los procesos de producción de energía, como la calefacción y el transporte, se libera este compuesto a la atmósfera, elevando las concentraciones normales del gas.

--

3. ¿Cómo crees que se vería afectado el ciclo si las concentraciones de CO₂ son muy elevadas?

Elaboró: Ana Milena Toro Campuzano (Docente CASD- estudiante de Maestría en Educación UTP)

Anexo: 2 Rejilla para el análisis de datos

ESTUDIANTE N°

PREGUNTA	MOMENTO		
	RESPUESTA	ELEMENTOS CONCEPTUALES DE LOS MODELOS	NIVEL ARGUMENTATIVO
1. Si cada ser vivo necesita carbono, ¿por qué no se ha acabado?			
2. ¿De qué forma piensas que pueden los seres vivos obtener el carbono que necesitan?.			
3. ¿Cómo crees que se vería afectado el ciclo si las			

concentraciones de CO ₂ son muy elevadas?			
--	--	--	--

Anexo 2: Secuencia Didáctica

**La relación de los niveles argumentativos con los modelos explicativos del ciclo del
carbono**

**Una secuencia didáctica
para la enseñanza de la biología**

Ana Milena Toro Campuzano

Profesora de Ciencias Naturales

Institución educativa CASD Hermógenes Maza, Colombia

Índice

Resumen.

Introducción.

Planificación docente.

Desarrollo de la secuencia didáctica.

Resumen

La argumentación es una competencia científica que debe ser promovida en las clases de Ciencias Naturales, puesto que ofrece herramientas para que los estudiantes construyan sus propios conceptos a partir de los diálogos establecidos de forma grupal, donde los llevarán a tomar posiciones críticas en su vida cotidiana. En esta secuencia didáctica se da un énfasis a los modelos explicativos del ciclo del carbono y de igual manera se busca promover la argumentación. Es por esto, que se muestra una propuesta de actividades para enseñar la relación existente entre dichos conceptos a estudiantes de la educación básica secundaria de la institución educativa CASD Hermógenes Maza, de Armenia. De igual manera, se realiza un rastreo a la historia del concepto científico del ciclo del carbono. Se tienen en cuenta los modelos explicativos iniciales para proponer actividades que busquen acercar a los estudiantes, a los modelos explicativos de la comunidad científica. De esta manera, se busca alcanzar algunos de los objetivos generales propuestos para la enseñanza de las ciencias, al igual que contribuir en su alfabetización científica.

1. Introducción

Para trabajar el concepto del ciclo del carbono se realizó una estructura de secuencia didáctica basada en el ciclo de aprendizaje de Sanmartí (2000), la cual considera diferentes propuestas de selección y secuenciación de actividades. Estas, se encuentran comprendidas en 4 fases que son: actividades de iniciación o exploración, actividades para promover la movilización de los

modelos explicativos iniciales, actividades de síntesis, con las cuales se estructura el conocimiento y actividades de aplicación, que tienen como objetivo ofrecer oportunidades a los estudiantes para que apliquen sus modelos explicativos y se valgan de la argumentación para resolver situaciones de tipo sociocientífico. Sin embargo, estas actividades no pretenden promover un determinado conocimiento, sino que buscan plantear situaciones propicias para que los estudiantes actúen y sus ideas evolucionen en función de su situación personal, (Sanmartí, 2000).

Por tal motivo, temas como la respiración, la meteorización y la fotosíntesis, entre otros pertinentes al ciclo del carbono, no serán tomados cada como eje central de las actividades, sino que serán temas complementarios.

Institución educativa CASD

Secuencia didáctica “el ciclo del carbono”- grado 8°

UNIDAD DE APRENDIZAJE	Biogeografía, biomas y ciclos biogeoquímicos
ÁREA	Ciencias Naturales
DOCENTE	Ana Milena Toro Campuzano
COMPETENCIAS	<p>Uso del conocimiento científico: capacidad para reconocer y diferenciar fenómenos, representaciones y preguntas pertinentes sobre los fenómenos naturales.</p> <p>Explicación de fenómenos: capacidad para comprender argumentos y construir representaciones o modelos que den razón de fenómenos.</p> <p>Indagación: capacidad para plantear preguntas y procedimientos adecuados para buscar, seleccionar, organizar e interpretar información relevante para dar respuesta a esas preguntas.</p>
ESTÁNDAR	Explico condiciones de cambio y conservación en diversos sistemas teniendo en cuenta transferencia y transporte de energía y su interacción con la materia.
EJES DE DESARROLLO	COMPETENCIA DISCIPLINAR
SABER	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reconocer como en las diferentes eras, incluso desde la formación del planeta, la presencia de carbono ha incidido en los principales acontecimientos.

SABER HACER	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Explica de forma gráfica y verbal como circula el carbono en el ecosistema. ▪ Argumenta cómo algunas actividades antrópicas alteran el ciclo del carbono. 	
SABER SER	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reconoce que los modelos de la ciencia cambian con el tiempo y que varios pueden ser válidos simultáneamente. ▪ Escucha activamente a sus compañeros y reconoce otros puntos de vista, los compara y modifica lo que piensa ante argumentos más sólidos. 	
EVALUACIÓN	<p>Autoevaluación: Cada estudiante valorará su desempeño en diferentes momentos del proceso de enseñanza aprendizaje, lo cual permitirá que hagan una autorregulación del proceso.</p> <p>Coevaluación: En las diferentes actividades se instruirá a los estudiantes para que evalúen de forma integral el desempeño de sus compañeros a la vez que realizarán observaciones y sugerencias para mejorar.</p> <p>Heteroevaluación: Revisión de actividades propuestas (cuadros comparativos, mapas conceptuales, diagramas, historietas, modelos del ciclo). Valoración de las exposiciones, debates y sustentaciones verbales. Valoración de lo actitudinal, con base en la responsabilidad en la presentación de actividades propuestas para la casa, además de su participación en las actividades propuestas de forma respetuosa y activa.</p>	
	NÚMERO DE SESIONES	NÚMERO DE HORAS
	8	Cada sesión contará con 2.5 horas promedio para su

TIEMPO		desarrollo.
TEMA	GENERAL	ESPECÍFICOS
	Ciclo del carbono	Ciclo del carbono, respiración, fotosíntesis, sumideros de carbono, alteraciones en el ciclo.
MATERIALES	Videos, fotocopias, proyector, computador, plantas de los alrededores, regla, lápiz, cartulina, papel, imágenes, material de reciclaje.	

4. Desarrollo de la secuencia didáctica

Fases 1 y 2. *Actividades de iniciación y de movilización de los modelos explicativos iniciales*

Objetivo. Identificar los modelos explicativos iniciales de los estudiantes sobre el carbono y la forma cómo se mueve en el planeta.

Sesión 1. Durante esta fase se elabora un instrumento con preguntas como:

1. Si cada ser vivo necesita carbono, ¿por qué no se ha acabado? **2.** ¿De qué forma piensas que pueden los seres vivos obtener el carbono que necesitan?. **3.** ¿Cómo crees que se vería afectado el ciclo si las concentraciones de CO₂ son muy elevadas?

Teniendo en cuenta las respuestas de los estudiantes se identifican los **niveles de argumentación** según la rejilla de orientación propuesta por Ruiz et al. (2015) y los **modelos explicativos** relacionados del ciclo del carbono (Ver **Tablas 5 y 7**).

Sesión 2

Se realizará una actividad para identificar los modelos de ciclo del carbono que tienen los estudiantes. Para esto se entregará material de reciclaje a cada grupo (grupos de 6 estudiantes), se dará un espacio de 30 minutos para elaborar el modelo y organizar la sustentación. Se proponen para elaborar dicho modelo preguntas orientadoras, tales como:

1. ¿Qué es el carbono?
2. ¿Por qué los seres vivos necesitamos el carbono?

3. ¿Cómo obtienen el carbono los seres vivos?
4. Además del alimento, ¿de qué otras formas utilizan las personas el carbono?

Se socializará con todo el grupo cada modelo, luego, se proyectará el video sobre el carbono https://www.youtube.com/watch?v=u6dhBw_f7Oc (ciclo del carbono) y se mostrarán imágenes del ciclo para que identifiquen los elementos y etapas de este. Seguido esto, se devuelven modelos gráficos de los ciclos hechos en un inicio y se da un tiempo de 30 minutos para hacer reestructuración del ciclo en caso de incorporar nuevos elementos conceptuales al modelo del ciclo del carbono. Luego se hace una plenaria, donde cada grupo socializa si tuvo cambios en el modelo anteriormente hecho.

Nota: La figura del ciclo del carbono la tendrá cada estudiante en su cuaderno.

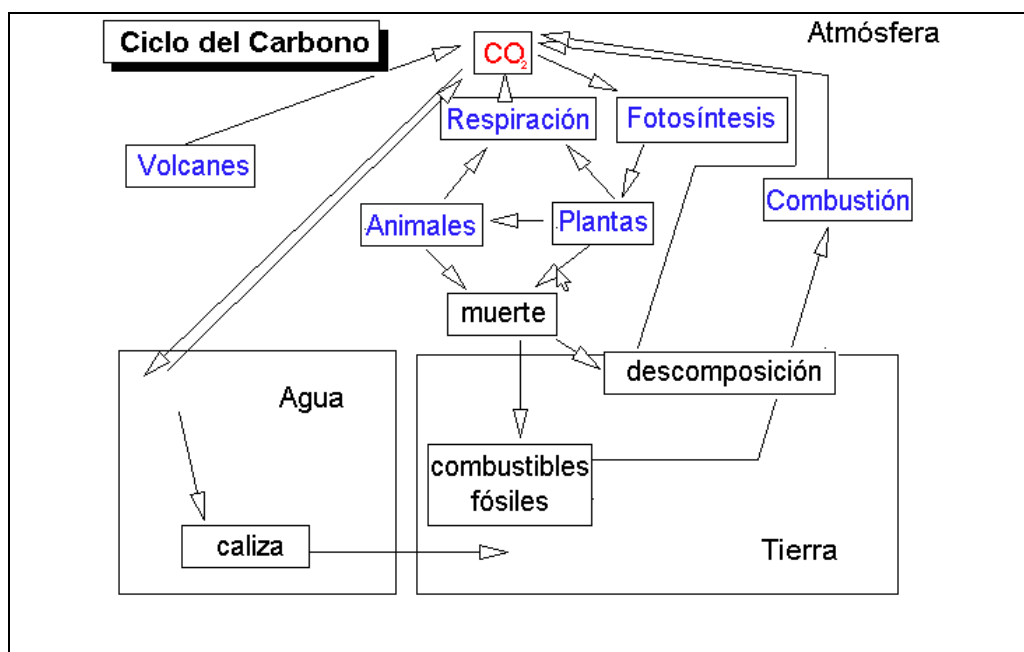


Figura 1. Ciclo del carbono

Se entregará a cada grupo el siguiente formato, donde se encuentran la coevaluación y la autoevaluación del trabajo realizado.

Criterios para el trabajo en equipo

	Si	No	Cómo hacerlo mejor
Planificamos el trabajo			
Distribuimos la tarea			
Respetamos los roles			
Respetamos los tiempos			
Respetamos al grupo			
El resultado ha sido el esperado			

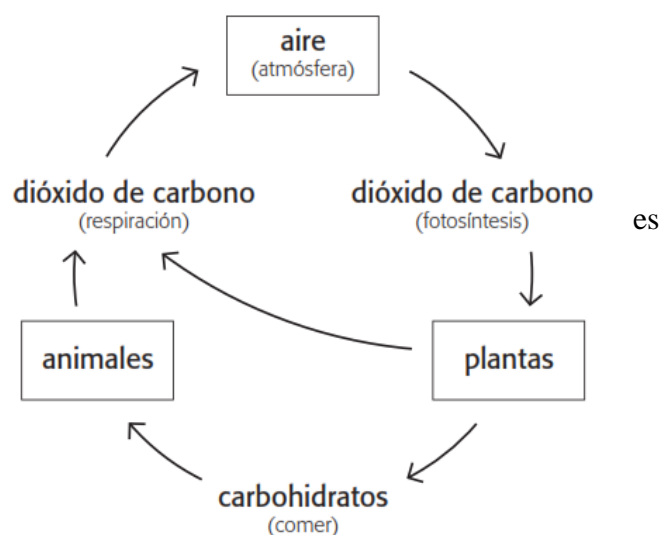
Fuente: Quintanilla (2010).

Fase 3. Síntesis para estructuración del conocimiento

Sesiones 3 y 4.

Se iniciará mostrando a los estudiantes la imagen del ciclo del carbono y se sugiere que expliquen: ¿por qué podemos decir que un ciclo? (registrar las respuestas en el cuaderno)

La docente explicará las diferentes etapas y los elementos que hacen parte del ciclo del carbono en la tierra.



Fuente: Programa de Capacitación Científica para la Inmersión en la Naturaleza PCCIN, Sistema Universitario Ana. G. Méndez © 2010

Actividad: Con el fin de identificar que en las plantas se encuentra el carbono se realizará la actividad de calcular cuánto carbono tienen los árboles de las áreas verdes de la sede educativa (Santa Eufrasia). Se proponen las siguientes preguntas, las cuales permiten tener unas ideas previas a cerca de los sumideros de carbono.

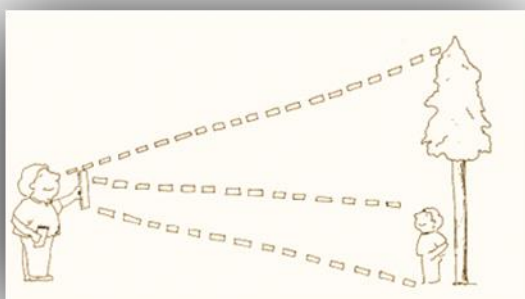
1. ¿En qué parte del ciclo del carbono se almacena el carbono?
2. ¿Cuánto carbono piensan que puede almacenar un árbol?
3. ¿Creen que los árboles grandes almacenan más o menos carbono que uno pequeño?
¿Cuál es la razón para eso? Los estudiantes expresan sus respuestas de manera oral y posterior a esto se hacen conclusiones con todo el grupo, las cuales quedan registradas en sus cuadernos sobre muestra la importancia de los sumideros de carbono.

Parte de la ruta del carbono en la litosfera- (sumideros de carbono)



Figura 2. Fuente: Programa de Capacitación Científica para la Inmersión en la Naturaleza PCCIN, Sistema Universitario Ana. G. Méndez ©

2010



Actividad práctica: Como los bosques contienen muchos árboles, constituyen uno de los depósitos de carbono más grandes del mundo. Aprenderemos cómo medir un árbol y luego utilizaremos esa información para determinar cuánto carbono está

almacenado en el árbol.

¿Cuánto carbono tienen los árboles de mi colegio?

Se inicia la actividad haciendo algunas preguntas como: ¿cuáles son los nombres de los árboles que hay en la sede educativa? ¿conocen cuánto tiempo llevan allí plantados?, ¿qué animales han visto que utilicen los árboles y qué tipo de relaciones han establecido con dichos árboles?

Finalizado este espacio de intercambio de saberes (15 minutos), se procede a dar las instrucciones para salir a los alrededores. De esta manera se procede a dar las instrucciones.

1. Analizaremos las medidas de los árboles de los compañeros, las alturas y los DAP (Diámetro a la Altura del Pecho), explicando la manera como se mide.
2. ¿Qué tan parecidas son?, ¿Qué podría explicar la diferencia?
3. Con la ayuda de la **Tabla para determinar la cantidad aproximada de carbono** calcular la cantidad de carbono que tienen los árboles.
4. Identificaremos las parejas que tengan medidas similares a las nuestras: Igual altura y diferente DAP, igual DAP y diferente altura.
5. Analizar: ¿tienen igual o diferente cantidad de carbono?, ¿Pertenecen a la misma especie?

Finalmente se expone al gran grupo algunas de las conclusiones finales a cerca de los árboles como sumideros de carbono.

Como tarea de complemento en casa, los estudiantes deben consultar el nombre científico y común de las especies a las que calcularon la cantidad de carbono y su importancia ecológica.

Luego, utilizando dicha información, se elaborarán carteles que tendrán como finalidad compartir con los estudiantes de los grados 6° y 7°, una jornada de educación ambiental que tenga como objetivo el valorar las especies de árboles que hay en los alrededores de la sede y su importancia en el ciclo del carbono.

Posterior a esta actividad la docente explicará cuáles son los sumideros de carbono y cuál es su importancia para el sostenimiento de los ecosistemas. Se entregará a cada estudiante el formato de evaluación sobre el ciclo del carbono.

Circunferencia a la altura del pecho (en m)

		0.25	0.5	0.75	1.0	1.25	1.5	1.75	2.0	2.25	2.5	2.75	3.0	3.25	3.5	3.75	4.0	4.25	4.5
Altura (en m)	2	10	14	19	26	36	48	61	77	95	115	138	162	189	217	248	281	316	353
	4	11	18	28	43	62	86	113	145	181	221	266	315	368	425	486	552	622	696
	6	13	22	38	60	89	124	165	213	267	327	394	467	547	633	725	823	928	1040
	8	14	26	48	77	115	162	217	281	353	433	522	620	726	840	963	1095	1235	1383
	10	15	31	57	94	142	200	269	349	439	539	651	773	905	1048	1202	1366	1541	1727
	12	16	35	67	111	168	238	321	416	525	645	779	925	1084	1256	1440	1638	1848	2070
	14	14	39	76	128	195	276	373	484	610	751	907	1078	1263	1464	1679	1909	2154	2414
	16	18	43	86	145	221	315	425	552	696	857	1035	1231	1443	1672	1917	2180	2460	2757
	18	19	48	95	162	248	353	477	620	782	963	1164	1383	1622	1879	2156	2452	2767	3101
	20	20	52	105	179	274	391	529	688	868	1069	1292	1536	1801	2087	2394	2723	3073	3444
	22	21	56	114	196	301	429	581	756	954	1175	1420	1688	1980	2295	2633	2994	3379	3787
	24	22	60	124	213	327	467	633	823	1040	1281	1549	1841	2159	2503	2872	3266	3686	4131
	26	23	64	133	230	354	505	685	891	1126	1387	1677	1994	2338	2710	3110	3537	3992	4474
	28	24	69	143	247	380	544	737	959	1211	1493	1805	2146	2517	2918	3349	3809	4298	4818
	30	25	73	152	264	407	582	789	1027	1297	1599	1933	2299	2697	3126	3587	4080	4605	5161
	32	26	77	162	281	433	620	840	1095	1383	1705	2062	2452	2876	3334	3826	4351	4911	5505
	34	27	81	172	298	460	658	892	1163	1469	1811	2190	2604	3055	3541	4064	4623	5217	5848
	36	28	86	181	315	486	696	944	1231	1555	1917	2318	2757	3234	3749	4303	4894	5524	6192
	38	29	90	191	332	513	734	996	1298	1641	2023	2446	2910	3413	3957	4541	5166	5830	6535
	40	31	94	200	349	539	773	1048	1366	1727	2129	2575	3062	3592	4165	4780	5437	6137	6879
	42	32	98	210	366	566	811	1100	1434	1813	2235	2703	3215	3772	4373	5018	5708	6443	7222
	44	33	103	219	382	592	849	1152	1502	1898	2341	2831	3368	3951	4580	5257	5980	6749	7565
	46	34	107	229	399	619	887	1204	1570	1984	2448	2960	3520	4130	4788	5495	6251	7056	7909
	48	35	111	238	416	645	925	1256	1638	2070	2554	3088	3673	4309	4996	5734	6522	7362	8252

Tabla para calcular la cantidad de carbono

Evaluación del ciclo del carbono

Nombre: _____

Grado: _____

Fecha: _____

A continuación, encontrarás un esquema del ciclo del carbono donde hay procesos a corto plazo, a largo plazo y alteraciones por acción antrópica (del hombre).

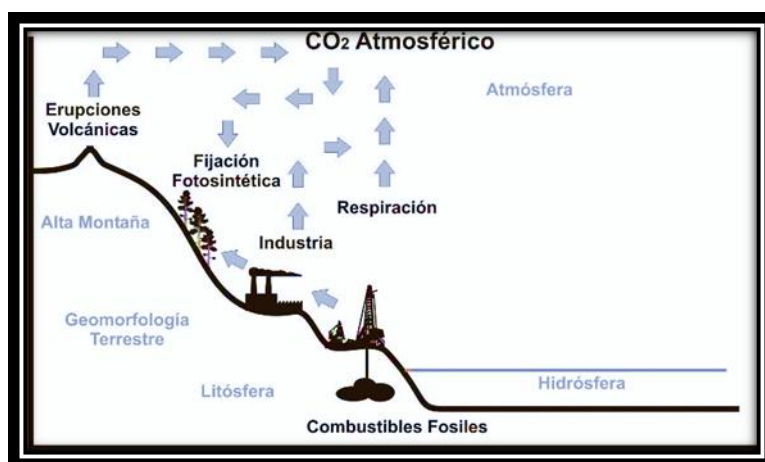


Figura 1. Esquema del ciclo del carbono

Teniendo en cuenta el esquema del ciclo del carbono:

1. Delimita (encierra) en el esquema **SÓLO** los procesos que corresponden al ciclo del carbono a corto plazo.

2. Explica de forma breve un ejemplo donde se muestren estos procesos del ciclo del carbono a corto plazo en un ecosistema como la “cañada La Montañita”.

3. ¿Por qué los procesos restantes (aquellos que no encerraste) se consideran que NO hacen parte del ciclo del carbono a corto plazo? Explica:

Sesión 5 (4 horas de duración)

Actividad:

“CREANDO CARBOHISTORIAS”



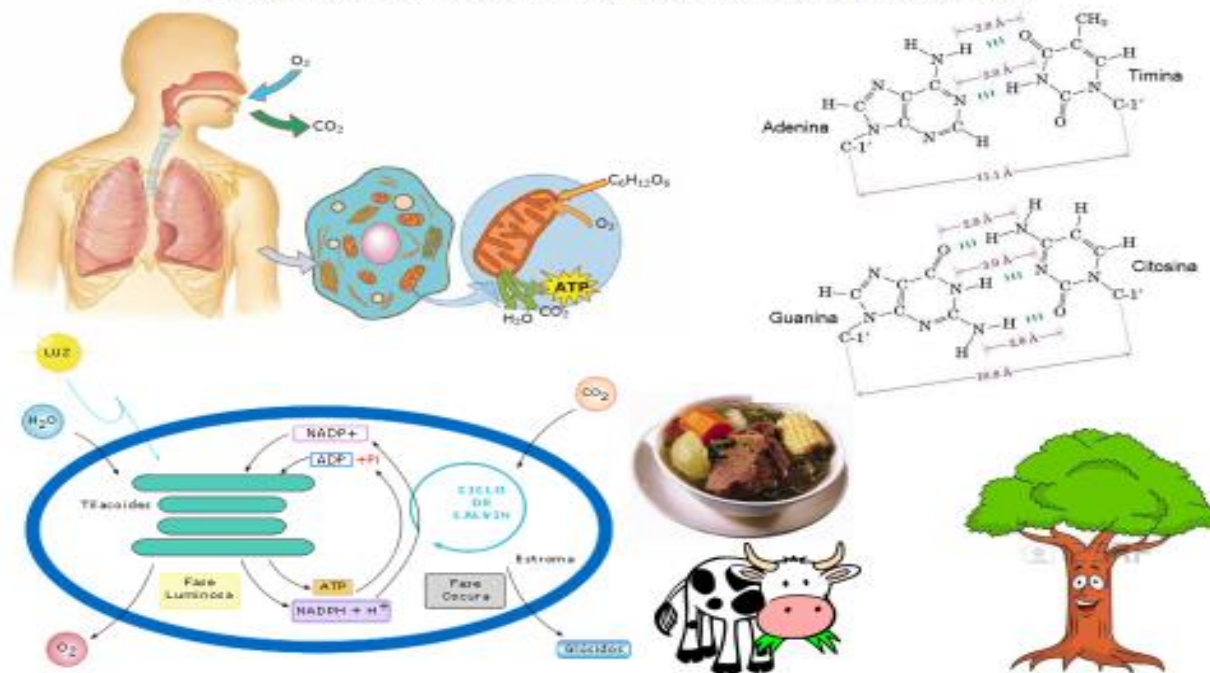
Objetivo: identificar si los estudiantes reconocen la forma como se mueve el carbono entre las etapas de fotosíntesis y respiración, dado que fue uno de los obstáculos identificados en el cuestionario aplicado antes de dar inicio a la secuencia didáctica. Se realizará una lectura corta a cerca de la situación vivida por un personaje llamado Juan Carbono Ramírez, se proponen algunos personajes y sitios por recorrer y se propone dibujar una historieta llevando al personaje por los diversos sitios. Al final se socializará la historieta entre pares de grupos (3 estudiantes por grupo), se abre un espacio para discusión y se co-evalúa la actividad.

Después se propone que alguna parte de la historieta sufra una alteración alguna de las etapas y argumenten qué implicaciones tiene para el ciclo.

Un día el pequeño Juan Carbono Ramírez se sintió perdido camino del colegio a su casa. En la atmósfera se encontró con la señora Paula del Oxígeno Gaseoso y esta le dijo que debía recorrer muchos caminos, conocer muchos personajes, lugares y experimentar cambios para retornar al sitio de dónde provenía.

Dibujen una historieta donde muestren a Juan Carbono cuales serán esos sitios, personajes y grandes aventuras que vivirá.

Estas son algunos personajes, sitios y cambios que nombró la señora Paula del Oxígeno Gaseoso relacionados con Juan Carbone Ramírez



Nota: Se proyectan las imágenes para que los estudiantes puedan tener una idea de los personajes que pueden incluir en sus historietas.

Fase 4. Actividades de aplicación

Generar en los estudiantes espacios de discusión, donde utilicen la argumentación para convencer, persuadir y consensuar, se convierte en uno de los propósitos de la enseñanza de las Ciencias Naturales. Además, dicha competencia es utilizada por los estudiantes para contextualizar los modelos explicativos que tienen de diferentes temáticas científicas.

Teniendo en cuenta lo anterior, se propone una situación problema (1 sesión), la cual servirá como fundamento para el juego de roles que se realizará en la siguiente clase (2 sesiones).

La problemática consistirá en una “Noticia de Última hora” que llegó desde planeación municipal al representante de la junta del barrio Modelo, en el cual se encuentra ubicada la sede Santa Eufrasia, de la institución educativa CASD. Esta noticia dice de la siguiente manera:

NOTICIA DE ÚLTIMA HORA

En las próximas semanas se estará realizando el proyecto vial que unirá el barrio Yulima con el barrio Modelo. Dicha vía atravesará parte de la cañada “la montañita”, por tal motivo, se recomienda tener cuidado al movilizarse por las calles del barrio, ya que se tendrán máquinas, materiales pesados y obreros en la vía. Agradecemos su comprensión y esperamos mejorar la movilidad tanto para ustedes como para el municipio en general.

Alcalde de Armenia

Instrucciones:

Se llevará a cabo un noticiero, en el cual el reportero visitará los diferentes grupos que hacen parte del proceso que se llevará a cabo en el proyecto vial. Para esto:

1. Conformar grupos según el rol que desempeñe en la noticia.
2. Con la noticia que se desarrolla a última hora en la región realizarán una nota para el noticiero local.

Roles que se desempeñarán:

- a. Los integrantes de planeación municipal que quieren llevar a cabo el proyecto vial.
- b. Los habitantes de los barrios implicados en el proyecto de los cuales: un grupo está de acuerdo con el proyecto y otro grupo no lo está.

Criterios	M.	B.	A.	M.	M.M	D.	Espacio para expresar a qué se debió
	B						

- c. Un grupo ambientalista del departamento, el cual, no está de acuerdo con el proyecto vial.
- d. Quienes informan la noticia (estudio y reportero).

Cada grupo debe defender su posición y se deben tener en cuenta los intereses. Se debe dar uso de la palabra por parte de los periodistas del estudio y el reportero.

El juego durará 30 minutos. Al finalizar la actividad en plenaria analizaremos las posturas para saber quiénes convencieron a los habitantes del barrio, si deben permitir que se lleve a cabo el proyecto o si por el contrario harán trámites para evitarlo.

Nota: Por grupos se entregará el formato de coevaluación para identificar fortalezas y

Tienen claro el concepto de ciclo del carbono							
Tienen clara la importancia del carbono para los seres vivos							
Desarrollan argumentos sólidos y los expresan con fluidez							
Utilizan cuerpos teóricos referidos							
Plantean soluciones adecuadas a las situaciones que defendieron							
Relacionan el ciclo del carbono con la situación expuesta							
Realizan un trabajo en equipo donde sus integrantes muestran concertación de sus							

debilidades en los compañeros frente al tema.

INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN “NOTICIA DE ÚLTIMA HORA”

MB: Muy bien. B: Bien. A: Adecuadamente. M: Mal.

MM: Muy mal. D: Deficientemente

Episodios argumentativos en el aula

Al identificar que las dinámicas de clase obstaculizan el seguimiento que se puede hacer a las acciones que llevan a cabo los estudiantes, se proponen dos episodios argumentativos, para lograr una mejor comprensión de los modelos explicativos del ciclo del carbono en los estudiantes, al igual que en sus niveles argumentativos (Ruiz et al., 2013b; Ruiz et al., 2015). Lo anterior, teniendo en cuenta que la argumentación es tomada como una actividad social, la cual es más evidente cuando se expone a los demás los pros y contras de sus propias ideas, anticipándose a la reacción del otro. De esta manera, los estudiantes podrán presentar sus argumentos, responder a las reacciones de los demás y permitir que las emociones desempeñen un papel en la adopción de una posición y, que a su vez sean asimiladas en el discurso (Van Eemeren et al., 2013).

Episodio 1. “Un día sin combustible fósil” sesión 8 (2 horas de duración)

Se inicia entregando por parejas el texto que habla sobre los combustibles fósiles.

Los combustibles fósiles son conocidos desde la Antigüedad, pero su uso se intensificó en el siglo XIX con el empleo del carbón para alimentar las máquinas de vapor en la primera fase de la Revolución Industrial. Más tarde, ya en las fases más avanzadas de la civilización industrial, el consumo de derivados del petróleo con la aparición de los motores de explosión creció de forma masiva.

El petróleo, el carbón y el gas —los principales combustibles fósiles— son recursos naturales no renovables puesto que la velocidad con la que se consumen es mucho mayor al tiempo necesario para que se formen en la naturaleza. Un ejemplo de las limitaciones que comporta esta cualidad es el llamado «Pico del petróleo»: partiendo de la consideración del petróleo como un recurso no renovable, una vez que se llega al máximo de su extracción es necesario recurrir a yacimientos cada vez más inaccesibles, donde la calidad del petróleo extraído es cada vez menor. En estas condiciones, la energía necesaria para su obtención y los costes económicos derivados serán cada vez mayores, superando a la energía obtenida de su aprovechamiento y encareciéndola progresivamente. Para muchos expertos, el Pico de petróleo ya ha sido superado en el año 2010.

Además de ser recursos limitados, el consumo de combustibles fósiles para producir energía o para el transporte es el responsable de la mayor parte de los gases de efecto invernadero de origen humano, fundamentalmente del CO₂, asociados con las causas humanas del cambio climático. La dependencia de nuestra sociedad hacia estos combustibles está en la base de muchos de los obstáculos que dificultan la concreción de políticas conducentes a mitigar el cambio climático. Es decir, los estilos de vida dominantes en las sociedades más avanzadas, y en aquellas otras emergentes que aspiran a serlo, se traducen en la dependencia de fuentes energéticas no renovables.

Las energías fósiles están en la base de muchas de las condiciones básicas que identificamos en nuestra vida cotidiana con el bienestar: la «libertad» de movimiento, la calidad del hábitat

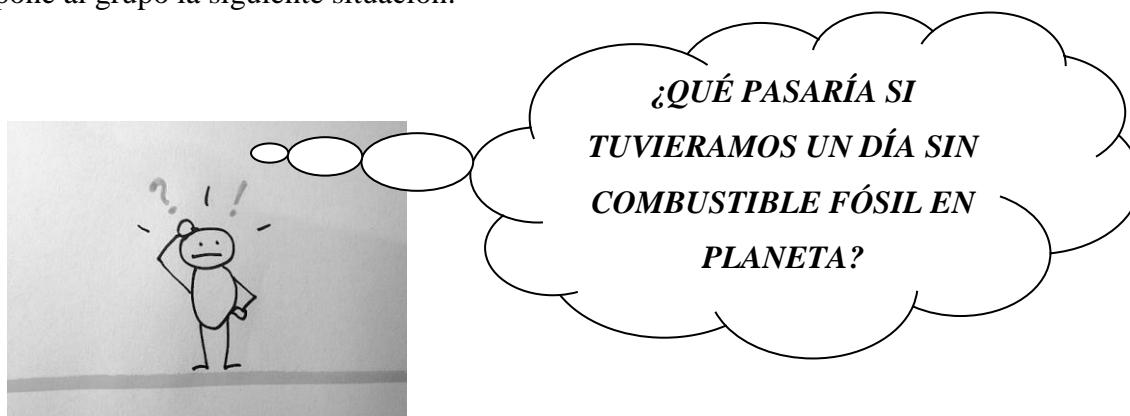
doméstico, la dieta, entre otros. Hemos llegado a considerar como indispensables el ocio, la comunicación, las interacciones sociales, el desarrollo cultural, etc. siendo estas actividades enormemente dependientes del consumo energético.

Ante el peso evidente de los combustibles fósiles en el modelo energético mundial, las llamadas energías renovables (solar, eólica, mareomotriz, biomasa, etc.) tienden a ganar cada vez más peso. Entre sus ventajas destacan que dependen de recursos inagotables —el sol— o pueden regenerarse de forma natural en cortos períodos de tiempo —la biomasa—, así como que sus residuos y el impacto que generan en el medio son menores que las fuentes convencionales. Sin embargo, algo menos del 25% de la energía consumida en España en el año 2009 provino de fuentes renovables. Conviene destacar que la tendencia general es que la energía que consumimos aumente año tras año, de forma que el mayor peso relativo de las energías renovables en nuestro cóctel de aprovisionamiento no evita que crezca, en términos absolutos, el consumo de combustibles fósiles. A pesar de este crecimiento, se estima que una tercera parte de la humanidad no tiene acceso a energías limpias y eficientes, y sus posibilidades de mejora económica se ven fuertemente limitadas por esta circunstancia.

Partiendo del dicho que afirma que «la energía más limpia es aquella que no se consume», uno de los principales retos en los países desarrollados en lo referido a la lucha contra el cambio climático es conseguir frenar el consumo creciente de energía reduciendo nuestra dependencia de los combustibles fósiles y sin degradar sustancialmente nuestra calidad de vida. Para la ciudadanía de los países en vías de desarrollo, el reto es ser capaces de producir la energía

suficiente para mejorar su calidad de vida, evitando seguir el camino equivocado de los países desarrollados.

Se propone al grupo la siguiente situación:



Se conforman dos grupos con las siguientes posturas:

¿Quiénes piensan que un día sin combustible fósil en el planeta es benéfico para el planeta?

¿Quiénes piensan que esto resulta perjudicial para el planeta?

Partiendo de dichas posturas, se inicia el debate donde la moderadora será la docente. Cada grupo contará con 3 voceros, los cuales llevarán el pensar del grupo al que representan. Además, contarán con un tiempo de duración de 20 minutos máximo. Se pueden dar espacios de contraargumentación. Finalmente se hará un espacio de cierre para las respectivas conclusiones.

Episodio argumentativo 2 “La Megaminería”

La actividad comenzará con la pregunta: ¿Qué opinan de la megaminería? (espacio de discusión con todo el grupo en pleno). Luego, se mostrará una presentación de diapositivas sobre las diferentes miradas que tiene el país sobre la minería. Así, se proyectarán noticias y se tendrá en cuenta la publicación de Martínez (2012), “Impacto socioeconómico de la minería en Colombia”. En esta publicación, se muestra información general sobre los diferentes tipos de minería y los impactos macroeconómicos de la actividad en el país. También se abordarán aspectos políticos, sociales, culturales y ambientales, entre otros.

Se presentarán videos, tales como:

Video 1. Declaran inexecutable permitir actividad minera en páramos del país.

<http://videos.telesurtv.net/video/511996/colombia-declaran-inexecutable-permitir-actividad-minera>

Video 2. ¿Por qué es importante la minería para nuestra vida? Anglo Gold Ashanti Colombia

<https://www.youtube.com/watch?v=xuzKGHzzcDA>

Video 3. “Somos Anglo Gold Ashanti Colombia”

<https://www.youtube.com/watch?v=2M8tVIyrCBY>

Video 4: “Ventajas y desventajas de la minería” (material publicado por Nallely Maldonado, estudiante de Ingeniería minera II semestre, de la Universidad de Sonora, México, publicado en abril de 2016)

<https://www.youtube.com/watch?v=w-6BQYK28-o&t=104s>

Después de finalizar la muestra del material audiovisual, se realizan las siguientes preguntas: ¿Qué opinan de la megaminería en el país?, ¿Quiénes piensan sobre la minería a cielos abiertos? ¿es buena para nuestro país? Teniendo en cuenta estos cuestionamientos, se dice al grupo que formen grupos según su postura. Después de 15 minutos de definir los puntos en común, se dará inicio al debate, el cual será moderado por la docente, en un espacio de 20 minutos. Se recordará a los participantes la importancia de respetar la palabra del compañero. Además de procurar el manejo de emociones, dado que se trata de una actividad donde aprenderán a defender sus posiciones, las cuales pueden cambiar ante los argumentos de los compañeros. Finalmente, se hará una actividad de cierre, donde el gran grupo junto con la docente construirán las conclusiones y las socializarán.

Anexo 4: Transcripción del episodio argumentativo 1 “Un día sin combustible fósil”

Audio 1

(20'14")

Ma	Bueno entonces yo les voy moderando, para que ustedes puedan seguir. Entonces ustedes dicen que es benéfico para el planeta tierra estar 24 horas sin combustible fósil (Paulina, Tomás, Antonia) y ustedes dicen que no es benéfico para el planeta estar 24 horas sin combustible (E33, E20 y E12) entonces escuchemos por qué.
Paulina	= > nosotros decimos que es bueno para el planeta porque no va a haber contaminación por 24 horas, o sea, no va a haber contaminación además tampoco va a haber narcotráfico porque no se van a poder desplazar
Tomás	Además, va a haber más unidad entre las personas, no va a haber tanta yo por aquí, yo por aquí,

	cada uno por su lado, si no que van a ser más unidos,
Paulina	= >además, van a haber menos emisiones de carbono porque los carros no van a estar transportando, menos trancones, va a ser como un ambiente más sano, más limpio, se va respirar mejor.
Ma	¿y ustedes que dicen de lo que ellos acaban de plantear
E12	no pues, nosotras (5)
Antonia	nosotras diríamos, que en las 24 horas sin combustible y a usted le pasara algo y no hubiera en que transportarse, entonces qué?
E12	¿Y por ejemplo para la comida si no hay gas? Sin gas no hay comida
Tomás	Usaríamos leña
E12	Pero también contaminaría, por el humo
Tomás	Pero no tanto
Paulina	Es muy diferente humo en una parte que carros
E33	¿Y el que quiere venir a ver los familiares desde lejos?
E20	¿Y si ese día su mamá se está muriendo y usted quiere ir donde ella qué?
Tomás	Pues caminando
E20	¿Y si es muy lejos?
E33	¿y si tiene que ir a urgencias?, entonces se muere porque no hay en que ir? <u>No</u>
Tomás	** => también es que nosotros vamos más por el ambiente
Ma	Y ¿ya? ¿Ese sería el único beneficio para el planeta?, qué otras cosas piensan que resultarían benéficas, ustedes que están a favor del día sin combustible.
Antonia	¿Y los que trabajan con el transporte? No, ^ también hay inválidos que no pueden, ¿y los que trabajan con domicilios?
Tomás	Que caminen, que madruguen, hasta sería mejor para la salud de ellos, estarían haciendo cardio
Paulina	*Con un día sin combustible el ambiente estaría mejor, así sea solo un día

- Antonia** | Tocaría ir a los restaurantes y ¿qué pasaría con los domicilios? Muchos viven de lo que hacen del domicilio, ¿qué pasaría entonces ese día si está totalmente parada la economía? Porque sin combustible en todo se para la economía
- Paulina** | Pero sólo va a ser un día, el ser humano no se deja morir, él hará lo que sea
- E12** | Es lo que yo digo con la comida, sino hay gas, no hay comida, tampoco se puede pedir domicilio porque ¿en qué lo van a llevar?
- Paulina** | Pero toda la comida no es de cocinar
- E33** | Obvio, sino se va a comer todo crudo
- Tomás** | ¿Usted cocina una manzana? Hay muchas cosas que venden, que no son de cocinar Y por un día no se va a morir de hambre
- Paulina** | ¿Y cómo comían a la antigua? Con leña, imposible que nosotros no vamos a ser capaces
- Antonia** | Bueno y a la antigua hacían todo con leña, pero eso también llena el ambiente de partículas y contamina todo ** ^ espere, póngame cuidado, usted dice que va a ser un día sin combustible, pero son todos, no solamente nosotros, entonces también van a haber mucha contaminación por leña
- Tomás** | Pero cómo va a comparar usted la contaminación de un fogón de leña con la contaminación de cincuenta mil carros
- Antonia** | pero son cincuenta mil fogones de leña también y contaminan
- Tomás** | pero es que son los carros contaminando, en las casas prenden los televisores y todo el mundo prendiendo todo eso, mientras que el que está cocinando en leña, también se está movilizándolo a pie, además no está haciendo ruido
- Ma** | yo pregunto, por un día en la casa de ustedes, el día de hoy, si mañana viernes 16 de septiembre de 2016, hablan y dan la noticia de que esto va a pasar a nivel mundial, en sus casas están preparados para vivir un día sin combustible fósil, ¿24 horas completas?
- Es** | ^ Nooo

	*
Tomás	si, comeríamos verduras, frutas, una ensalada, algo más nutritivo, más saludable, sin grasas, además por un día no va a pasar nada malo.
Paulina	además, hay estufas eléctricas
E33	y las estufas eléctricas no emiten calor?
Tomás	Sí, pero pille, no van a haber carros, ni trenes, no va a haber nada que contamine el ambiente
Antonia	pero no todo el mundo tiene estufas eléctricas
Paulina	le pide a los vecinos
Es	Noo^*
Tomás	Ahora hay más solidaridad, * por eso le digo, como en el terremoto, como hicieron?, todos se unieron, ¿cómo cocinaron?, con leña, si todos se unen, parece, eso es como uno unirse, es como tener una hermandad con una persona, si usted dice, ve ese se está muriendo ahí, ah bueno, ¿yo sigo por ahí?, <u>no</u> ^
E33	pero todos no son así
Tomás	venga yo le digo, digamos que usted a mí me cae de lo peor, pero si yo la veo sufriendo, pues a mí no me gusta ver a las personas sufrir, yo hago lo que sea, para que usted también este bien.
E12	pero todos no somos así
Ma	Y tú, ¿qué dices ante eso Paulina?
Paulina	Pues los que no piensen así tendrán que ver cómo sobrevivir, pero los que saben unirse, trabajar en equipo, van a saber cómo vivir
Tomás	es que la gente de ahora solo se está preocupando por las cosas materiales y es que para ustedes la vida sin comodidad no es vida, que porque tiene un carro lujoso, ay no que ya, pues eso es lo más importante para ahora, es que si usted dice que la gente es egoísta, es porque usted es egoísta
E33	no es eso, no es porque uno sea, sino porque uno ha visto
Paulina	Ah, pero puede que la gente recapacite, uno nunca sabe, la gente puede cambiar también igual tenemos que dejar de depender tanto de eso, porque si algún día se acaba, que va a hacer todo el

- mundo, tenemos que buscar otras formas de como movilizarnos. (2) ¿y es que acaso la energía viene solo del petróleo?, nooo
- Tomás** Bueno, pero de verdad pensemos, ¿qué pasaría si de verdad hubiera un día sin combustible fósil?
- Paulina** sería muy bueno, no había tanta contaminación en el planeta y eso haría mucho cambio en el planeta, por primera vez el planeta estaría bien, no habría tanta contaminación, ni tanto ruido de los carros
- Antonia** aunque hay ventajas y desventajas, porque, o sea, ¡ja! nadie se va a poder movilizar, pero pa qué a la vez es bueno
- E12** ¿Usted se cambió de bando?, ja^, noo, pues que saquen bicicletas, hay muchas formas de transportarse
- Paulina** si, que saquen las bicicletas y si ya las tienen, no las tienen que ir a comprar
- Tomás** pero supongamos que hay muchas maneras, supongamos que no sólo es un día, sino hartoo tiempo, ahí ya por ejemplo se están inventando los carros que utilizan la energía del sol, esos no contaminan
- E12** pero todavía no existen
- Es** *¿Cómo qué no?
- E33** Yo no les he visto
- Tomás** ^ Ay como que no? ¿No ha pillado en el éxito ese chiquitico?
- Risas... **
- E12** Pero ni siquiera los han sacado
- Paulina** Esos consumen menos gaso... menos combustible
- Tomás** Pero es que por un día no va a pasar tanto
- Antonia** pero es e eso es lo que estamos tratando de decir, por ejemplo, si llega a haber algo que pase varios días, ¿usted qué va a hacer? ¿Yo pienso que cómo sería la comida? Usted venir al colegio y no tener en donde comprar porque la tienda no está abierta que por el gas.
- Tomás** buen punto, “ay Maritza”, pues eso es muy malo

Paulina	no pues hay muchas formas
Tomás	pero es que un día? ¿Un día?, si fueran varios días
Antonia	uno sin comer su arrozito, bien calientico, su huevo
Paulina	pues se lo come crudo
Tomás	pues lo hace en leña, lo puede hacer con leña
Antonia	si ve, si ve, tampoco llegaría el gas a la casa y pues por eso estoy diciendo, yo solo estoy diciendo, y eso que es un día, ¿qué tal que fueran más días?,^ Yo solo estoy dando un ejemplo
Tomás	hay muchas maneras de encontrar soluciones, ¿o cómo hacían en los tiempos que no había nada de combustible? Antes no había tuberías, Con decirles, <u>con decirles</u> , con una semana que no se use el combustible eso limpia el agua (.) además hay frutas, verduras, todo. Eso se cogen dos palos y chin, chin, se cortan y listo.
Paulina	pues uno puede encontrar muchas soluciones, si antes pudieron por qué no vamos a poder ahora?, eso es pereza, nosotros crecimos y estamos acostumbrados a tener todo, pero tenemos que ponernos a pensar que en la época de nuestros papás no había nada de eso
Tomás	además, la mente de uno era como más primitiva, ahora uno es más inteligente y va a crear más cosas
E33	ja lo dice usted que tiene mente de cavernícola,
	**Risas
Ma	Bueno, para finalizar entonces ¿qué pueden decir a cerca del día sin combustible fósil?, si es bueno o no? Porque los escucho que sí, que no y luego se contradicen.
Paulina	por eso les dije, hay ventajas y desventajas, las ventajas ya las dijeron, entonces cuáles serían las desventajas que no hubiera combustible por un día.
E12	Mucho punto negativo es que la gente no se va a poder movilizar en el carro por ejemplo para ir al supermercado
Antonia	¿Y usted para qué va a ir al supermercado si va a estar cerrado?

E33	Bueno, pero usted debería cambiarse de bando, váyase para allá porque piensa como ellos
Antonia	Nooo^, pero acá lo que importa es cómo vamos a proteger el medio ambiente, ya, ahí lo dije todo
Paulina	Bueno, volvamos a decir ¿qué ventajas hay?
Antonia	= > *(5) Bueno yo tengo pues una propuesta, hagamos caminatas ecológicas ese día y es bueno para los animales que viven en las cañadas, así pueden respirar aire puro
E12	¿Y cómo cuales animales?, los gatos y los perros de las casas
Antonia	(.) pues como los que vimos en la clase del puente que van a construir en la cañada
Es	Si *
Tomás	Hay muchos animales que se ven beneficiados si no hay humo de carros, allá hay lagartos, mariposas, serpientes, aves,
Paulina	Siiii, también hay iguanas, como la que vimos ese día en la clase de educación física, también hay ranas
E12	Pero eso lo hablamos que era de la cañada la montañita que está acá en el colegio, no de las otras
Antonia	Si, esos animales están en la cañada de pronto están en las otras
Es	*Ah bueno, esas son las especies que cazamos sino tenemos supermercados
	Risas **

Anexo 5: Transcripción del episodio argumentativo 2 “La Megaminería”

Audio 1

21'18"

Ma	Ustedes entonces van a dar sus puntos para tratar de convencerlos a ellos, y ustedes también van a defender su posición para convencer a sus compañeros. Recuerden que ustedes son la voz de todos ellos, no son sólo la voz ustedes seis. Con calma van a poder defender sus argumentos y van a poder también tener una discusión sin necesidad de enojarse. Si ven que se emocionan defendiendo sus argumentos no se estresen, lo importante es que respetuosamente puedan dar sus puntos de vista. Entonces, vamos a comenzar.
Tomás	= >nosotros estamos a favor de la megaminería porque si no hubiera minería nosotros no podríamos tener lo que tenemos alrededor, porque tenemos televisores, cucharas, cubiertos, de todo no? Además, de que aparte de todo lo que utilizamos, si cuando acaba de coger todos los materiales de un lugar, ellos según el video decían que van a hacer una reforestación, van a volver a plantar lo que había antes, o mejor, <u>más</u> de lo que había ahí.
Paulina	pero a usted no le parece que ¿es más importante el futuro de uno y de nuestros hijos teniendo un ambiente sano que tener tantas maquinas que no sirven pues para mucho y en un futuro no nos van a ayudar tanto?
E20	primero que todo no es en general en todo lugar, no, por ejemplo, aquí alrededor de nosotros no se encuentra ninguna máquina de estas, además de todo hay familias y todo viviendo de la minería, es decir, si no hubiera minería estarían desempleados
E1	^ pero usted solamente está pensando en un municipio, pero ¿qué hay de los otros? Usted no solamente puede pensar en usted, sino también en los demás
Antonia	Piense, digamos que parte las personas que se tiene que desplazar por la megaminería, ^ las personas que se tienen que desplazar por la minería, no tienen las mismas comodidades de nosotros
Paulina	= >Pues la verdad, yo más que todo estoy en contra porque, o sea, ¿si me entiende? A mí lo que más <u>me</u>

	da rabia de la minería es como dañan las tierras, según los videos era que plantaban más árboles de los que habían talado, ^ pero para mí ellos hablan mucha paja
Tomás	en la minería también está lo legal, ¿no? es que tenemos que buscar una solución para la minería ilegal
Antonia	pero la mayoría de las personas se desplazan por ahí, por la minería ilegal
E1	si obvio, por eso, pero hay muy poquita gente que se desplaza
Antonia	O sea, como quien dice no me importa si se desplazan o no, o sea solo le importa usted y los demás
E1	no porque yo no estoy hablando solamente de mí, diría que a mí no me importan demás personas, estoy hablando de que unas personas se desplazan, pero eso es problema de ellos por que unos tienen y otros no tienen
E14	pero usted en un ambiente contaminado, ^ usted no se va a quedar para enfermarse ni nada, usted se tiene que ir, y usted se viene, digamos, hablemos del Tolima, si usted es del Tolima y se viene para acá donde no tiene nada? Es mejor las comodidades de allá
Tomás	hablando de eso, acá en Colombia, ya salió el acuerdo de paz, ese acuerdo de paz está más que todo renovando todas las minerías ilícitas, más que todo son las que más contaminan, y pues generalmente es muy poco la gente que se desplaza, o sea, es más, la mayoría que se beneficia de los recursos que se consiguen de la megaminería que la que se desplaza y tal, pero pues en este momento por el tratado de paz ya van a regresar a sus hogares acá en Colombia
Antonia	y quien garantiza que vayan a cumplir eso?
Tomás	el acuerdo de paz
E14	¿por qué? hay muchas cosas que dicen que van a hacer y nunca hacen nada, esta puede ser una de esas cosas
E20	ya lo firmaron, duraron 4 años en la Habana
E14	pues pongamos un ejemplo, todos los presidentes dicen que van a cumplir muchas cosas y no salen haciendo nada, puede pasar igual
Tomás	^ yo no creo que ellos hayan estado 4 años perdiendo el tiempo para una bobada que no van a cumplir obviamente van a tener que hacerlo

E14	¿Por qué?, todavía no han votado por el sí o por el no
Antonia	y si votan por el no?, ¿dónde quedaríamos?, siguen haciendo el mismo proceso
Paulina	= > hagámonos una cosa, si nos podemos hacer más o menos la población, la mayoría ha dicho que no y eso ¿depende de quién?, (.) han preguntado, y si dicen que vamos a seguir con la minería, ¿vamos a seguir con enfermedades? los animales se van a seguir muriendo las plantas van a seguir, ya no van a dar fruto, nos vamos a quedar sin nada
Antonia	= > también es que esas explotaciones sueltan ácidos, se van a los ríos y pues además para lavar esas piedras, para sacar el oro utilizan agua pura que pues puede ser utilizada para un futuro.
E14	se están centrando solo en Armenia, pero no han considerado todo el país
Antonia	por eso, nosotros en Armenia no tenemos ningún, como le digo yo, (.) eh, ningún problema, los de afuera tienen más problemas, porque ellos son los que tiene las minas, no nosotros, ellos son los que cargan todo de peso de lo que hacemos nosotros
E14	bueno, como bien se ha dicho gran parte la no se genera, pero yo pienso como es (3), no se ha dicho que las FARC, de hecho, las FARC dice que no tiene plata, o sea por decirlo así las minerías, ellos niegan que esas tierras son de ellos, ¿por qué? Pues sencillamente eso está a nombre de otras personas, para desviarlos, ¿si entienden? Entonces, bueno (.) se cumple el plebiscito ¿y qué?, las otras personas son dueñas, más no las FARC, entonces las minerías seguirían por ahí, ¿me hago entender?
E1	^no
E14	me explico más, las FARC niega que son dueños de las minas, que tiene recursos de dinero, pero de una tal manera son dueños, pero no se puede comprobar eso, sencillamente ellos desvían todo con otras personas que no tienen ningún vínculo con las FARC que no se ha demostrado entonces se cumple el plebiscito y ya, normal, sigue la mina
E1	ya le entendí, las FARC está echándole la culpa por así decirlo a gente inocente
E20	*No, las FARC no van a hacer nada y le echan la culpa a gente inocente
Tomás	lo que él está tratando de decir es que las FARC son los dueños de las minas, pero...(.)

	aparece otra persona siendo dueño de la mina, pero como no saben que esa persona tiene vínculos con las FARC entonces no se puede comprobar que esas minas son de las FARC, eso es lo que está tratando de decir el
Paulina	O sea, usted pone un nombre cualquiera para, digámoslo así, como falso para poder hacer eso sin necesidad que se den cuenta que son ellos
Ma	bueno y no les he terminado de escuchar que es lo que tiene de bueno que haya minería a cielo abierto y que es lo que hay en contra de la minería a cielo abierto, pienso que faltan cosas por decir para convencer a sus compañeros
Paulina	= > bueno uno de los puntos de nosotros es que la tierra va a quedar <u>infértil</u> , sin necesidad de, o sea va a quedar infértil entonces no se puede plantar árboles ni nada, ese es uno de los puntos, el otro es las enfermedades que van a tener los trabajadores si de pronto digamos que por casualidad algún químico que utilizan para explotar
E14	el cianuro, eso si llega a utilizarlo mal y se pueden morir personas ahí solamente intentando sacar oro, que puede quedar en la tierra sin necesidad de hacerle nada
Ma	¿Qué dicen ustedes de eso?
Tomás	pero se supondría que ellos no van a contratar a cualquier persona, van a contratar a alguien con experiencia
E14	por eso decimos que algún problema que pase, que de pronto, uno nunca sabe
Antonia	y sobre el otro punto que nosotros le pusimos de que la tierra va a quedar infértil, ¿qué tiene que decir sobre eso?
Tomás	= > eso es muy sencillo, ellos sacan la tierra, la fértil y la guardan en determinado sitio, ya después de hacer ya todos los procesos de sacar todos los recursos vuelven a colocar esa tierra, esto más que todo se hace en lugares donde hay mucha lluvia, esa lluvia cae a la tierra y ^ahí se vuelven salir algunas plantas además de que salen esas plantitas ellos dicen que van a volver a reforestar, que van a poner más plantas de las que hubieron antes entonces no va a quedar infértil
Paulina	= > ahora lo que yo digo es que por ejemplo si van a volver a reforestar cuanto tiempo tarda un árbol en

	crecer?, por eso, ¿cuánto tiempo tarda un árbol en crecer?
E14	mucho tiempo
Antonia	= > por eso, van a volver a reforestar, ¿cuántos años tenemos que esperar para que el árbol vuelva estar como estaba, según lo que ustedes están planteando?, ^ ¿es que van a volver a poner la tierra fértil? y que, van a plantar los árboles, ahora lo que yo digo es que, los árboles se demoran mucho tiempo para crecer entonces, todo el daño que hicieron, ^ ¿cuánto tiempo no se tarda en volver a estar como antes?
E14	lo que nosotros planteamos es que ahí no va a volver a crecer nada
Paulina	bueno yo digo algo ahí <i>Tomás</i> dijo, dicen que van a volver a plantar árboles, eso dicen, es, ¿van plantar o no van a plantar?, eso quedo como en duda ahí
Tomás	lo van a hacer porque tuvieron que pedir una licencia ambiental, es un compromiso, no lo pueden romper
Antonia	= > yo no sé si pues (2), yo acá me voy a salir, pero para otra parte, yo no sé si alguno de ustedes ha llegado a ir a Pijao, no sé, ¿ustedes no han ido?, ¿me imagino que han visto como un tipo de roca negra o una parte ahí, no sé, eso antes era una mina, ellos supuestamente, <u>supuestamente</u> , decían, que iban a plantar árboles y lo hicieron? eso quedó ahí así, y no han reforestado
E14	ustedes están contando que van a volver a plantar, pero eso es solo como parte legal, ¿si me hago entender? ¿y la guerrilla ya qué?, ¿eso no les interesa? La guerrilla se va a poner de parte del estado
Ma	Les quiero aclarar algo, la minería ilegal no la lleva a cabo solamente la guerrilla, son muchos los que llevan a cabo minería ilegal, sino que el documento hablaba de <u>zonas de conflicto</u>
Paulina	= > los que hacen minería ilegal ^ acaso les va a importar plantar árboles?, (.) ¿reforestar?, ¿para qué vamos a utilizar pues las minas? ¿para crear computadores y celulares sabiendo que necesitamos más el ambiente para poder vivir nosotros? ^ y los animales también se van a dañar, porque viven ahí cerca
E20	más que todo la mayoría es legal, hay poquito
E14	Es, al contrario, la mayoría es ilegal
Tomás	Mire lo que encontré en google, <u>a partir de 1945</u> se acordó la primera ley de fomento minero sancionada

	el 7 de mayo de 1812 por la asamblea constituyente, pues, se planteó el fomento minero
E14	puede ser así, pero por ese poquito se va agrandando cada vez mas
E20	Pues hay yo no sé, yo estoy a favor de la minería legal, yo no sé la ilegal, eso ya
Antonia	ustedes están apoyando la minería, ilegal o legal, ustedes la están apoyando y lo otro es cómo sabemos que ellos no van a robar dinero
E1	¿a dónde?
Paulina	O sea, dicen que una cuota nos la van a entregar a nosotros, que a los afectados, sí, ¿cómo sabemos que eso no se va a perder?
E20	no entiendo
Es	^no entendemos
Paulina	pues parte de lo que se extrae de las minas ustedes dicen que se va a invertir, qué tal que no la inviertan bien o que eso se lo salgan robando
Antonia	Qué parte de lo que se extrae de las minas, eso se va a convertir en dinero, ese dinero, ¿qué van a hacer con él? ¿Quién garantiza que si llegue a la comunidad en sí? Puede que se lo lleven, se lo roben
E1	Depende
Tomás	si la mega minería llega, supongo que la pondrá el estado, si es ilegal pues obviamente le van a caer
Paulina	por eso, pero el estado en que la va a invertir, ¿cómo sabemos que hagan carreteras, obras públicas? No han invertido en nada, ¿cómo estamos seguros de eso?
E20	pues que digan ellos que necesitan las carreteras, que necesitan vías, pues que necesitan así cosas
Antonia	por eso ¿y cuántas veces no han hecho minería y todas las calles que hay dañadas qué? ^ Por donde usted va hay calles dañadas totalmente
E1	justamente por eso, por la mega minería ilegal, hay demasiada
E14	y la legal?
Antonia	estamos hablando de la minería en sí, en general
Ma	Bueno, está muy interesante lo que piensan y quisiera saber ¿ustedes han ido a pasear alguna vez al Tolima?, según el video, la Colosa estaba dando dineros y recursos para unas mejoras, en todo lo que

	tiene que ver con el Tolima, por ejemplo, con Ibagué y con Cajamarca, no sé si ustedes de pronto han pasado por ese sector y hayan visto cambios
EI	pues creo que hay un puente donde estaban buscando también minas, iban a hacer un puente, pero resulta que ahí había una mina, y eso estaba horrible, hasta la última vez que yo fui, eso estaba mal, no habían hecho nada
E14	¿Entonces?, Les tengo una pregunta: ¿qué cosas trae a favor la mega minería? ^ Sino han hecho nada
E20	en la industria, la inversión, evolución, nueva tecnología, más inversión para el país, más empleo
Tomás	más apoyo
Antonia	Y, ¿qué trae de beneficios ambientales para nosotros?
Tomás	pues depende de los planes a futuro que tenga la minería
EI	como mostraron en el video, ahí podrían coger una cosa donde hubiera una mina lo sacarían y plantarían más de los que habían, más de lo que dañaron
E14	y los componentes químicos no dañarían la tierra? Por ejemplo, cuando la explotan
E20	pero se supone que ellos sacan y meten otra tierra, al agregar nueva tierra, esa tierra se vuelve otra vez fértil
Tomás	yo soy sangre O positivo y usted A positiva
E14	^ que ¿qué?
Tomás	yo soy sangre O positivo y usted A positiva
EI	^ está dando un ejemplo
Tomás	si me entiende? ¿yo soy sangre O positivo y usted A positiva, yo le voy a dar otra sangre, el cuerpo la recibe no?
Antonia	^es que la tierra no es la sangre, con la tierra es diferente, pille, es que la tierra a la que le echaron químicos, esa ya está totalmente dañada, entonces ellos intentan ponerle tierra fértil, se va a dañar
Tomás	entonces tendrían que hacer una fuente, y va unas sondas, y va a terminar de sacar todos los componentes, si porque, usted deja una mina quieta
EI	no es lo mismo, no se juntan, queda la parte fértil arriba y cultivan ahí, la de abajo, queda abajo

Antonia	pero en algún momento todo estaba fértil, no solo una parte y la otra no, eso en algún momento tuvo que haber sido todo, pero entonces no han reparado
E20	nosotros les estamos diciendo, diga más hueco y más hueco, pues se hace más hueco al fin y al cabo va a tener la misma actividad
E1	bueno y cuanto se demoran en hacer ese proceso, tendrían que tener permisos, más fondos, y licencia ambiental ^ ¿por qué creen que sacan licencia ambiental?
E14	y para las minas ilegales?
Tomás	no pues ahí si no podemos decir nosotros nada, nosotros estamos apoyando la minería legal
Paulina	pero tendrían que empezar a decir todo, nosotros estamos en contra de la minería tanto legal como ilegal y ustedes también están a favor de las dos
Antonia	= > vea acá dice, los componentes que sueltan las minas y los elementos que utilizan pueden contaminar o dañar el ambiente, también ahí está adentro el agua, podemos quedar en sequía, ¿y el fundamento de dióxido de carbono?
E14	vea, tenemos que plantear algo, porque nosotros ya casi no tenemos argumentos,
Paulina	lo que usted no está teniendo en cuenta Nico, es que ellos con cada pregunta que nos hacen ^ nos dan más argumentos a nosotros, por eso
E14	pero nosotros tenemos que tener más argumentos para tirarle a ellos, dejen hablar a Paulina
Paulina	voy a hacerlos a reflexionar sobre, vea, Colombia es un país donde hay mucha...
Antonia	48 millones de personas
Paulina	no, biodiversidad, muchos animales, plantas y obviamente nos basamos en eso, sin ellos por culpa de la megaminería se acaba la comida (.) con eso podemos tener una ^ gran argumentación
E20	de la pregunta que nos hicieron hace rato, les digo, la megaminería da nuevas tecnologías, y una puede ser algún tratamiento de aguas residuales, y la segunda pregunta, para ustedes, para todos como sería su vida si no existiera la mega minería
E14	yo creo que no habría tanta contaminación
E20	pero no habría tecnología

Antonia	^pero si nos vamos a eso, anteriormente, en la época de los papás de uno, que no haya televisor ni celular ellos tenían más vida que uno, vea que uno ahorita hasta se separa por la tecnología, en cambio anteriormente eran más unidos, las tecnologías nos han dañado también y si nos vamos a eso, anteriormente se utilizaba era la madera
E20	^ espera, la pregunta era para todos
Tomás	en este momento vivimos súper bien, pero a largo plazo ¿qué pasa? Pensemos en el futuro también, donde nosotros no tuviéramos la mega minería, no tendríamos tantas comodidades,
Paulina	pero es que nosotros no nos deberíamos de fijar tanto en las comodidades, porque por ejemplo si necesitábamos una casa, la podíamos hacer con madera,
E1	y de donde va a sacar la madera? ^ ¿Cómo la va a talar?
E14	^ con un hacha
E1	y de dónde sale el hacha?
E14	la hacemos con piedras, ¿cómo vivían los cavernícolas sin necesidad de tantas cosas?
E20	el ser humano ha evolucionado, y a medida que evoluciona va a tener la necesidad, una ambición y sin la mega minería no podían cumplir esa ambición
Tomás	= > buen punto el que ustedes dicen, porque tampoco nos vamos a devolver muchos años a vivir como cavernícolas, ya estamos en la realidad ya nada podemos cambiar no?, pues con toda la tecnología que hay, pero pues ^ en parte la mega minería es buena y a la vez es más mala, tiene sus ventajas y sus desventajas, en un futuro, como decía Antonia (.), en un futuro, por la contaminación es peor, podemos estar viviendo mejor, pero la necesidad es peor.
Paulina	= > bueno, voy a profundizar más, podemos estar viviendo más, mejor, pero bueno, al futuro que va a pasar, seguimos dañando árboles, y todo, nadie asegura que la tierra sea fértil, me refiero a que, en este momento estamos viviendo muy bien, sí, pero bueno, ¿al futuro qué? Sencillamente, nadie nos garantiza que las plantas, los árboles, se reconstruyan literalmente, o las especies ¿qué pasa? Ellas no van a volver, porque cuanto dura eso (.), más de cuatro años, sacando oro y todo eso, entonces <u>las especies se van</u> , somos un país que tenemos una gran cantidad de tipos de biodiversidad y que pasa si se van, mueren, se

extinguen. ¿Y bueno, ustedes dicen acá que eso nos genera plata, pero podemos ser un pulmón de la tierra, donde generemos arto oxígeno y que a un futuro los demás países están contaminando el planeta y si nosotros nos quedamos acá así por decirlo mal, a un futuro vamos a tener mucha plata por la gente que venga a visitarnos, ^ ¿me entienden?

Es

*siii

Es

*noooo

E14

vamos a tener más dinero por el turismo, que dañando el planeta con la mega minería

Antonia

= > Nosotros no estamos diciendo que todo sea culpa de la mega minería, deje hablar, nosotros estamos diciendo que en una mayor parte la mega minería tiene mucho efecto en la contaminación

E1

pero no la mayor parte, la mayor parte es toda la basura que echamos, todos los residuos

Ma

Bueno, tranquilos, no se alteren. Tengo una última pregunta para ustedes, ¿qué piensan puede pasar con la atmósfera, con el suelo, el agua?

Antonia

= > que esos contenidos en el aire, contamina con impurezas, impurezas solidas de los gases que salen de las minerías, todo eso, pues (2) hay cambio climático

Paulina

= > por esa parte está el dióxido de carbono, nos va a dañar más el ambiente, porque pues, le estamos contaminando más de lo que debería, las aguas van a quedar secas.

E14

se van a levantar grandes cantidades de dióxido de carbono y nos va a afectar el medio ambiente y a nosotros

Antonia

= > o vea, póngase a pensar, váyase al agua, si me entiende, yo no sé, si ustedes saben que cuando van a lavar las rocas de las minas gastan mil litros de agua por segundo, no sé si se habían enterado, incluso yo he visto documentales de eso y de todo, así que no crea, y además de eso habría una sequía pues ya extrema, porque, o sea, si del Tolima el agua llega acá a ^ Armenia, entonces esa mina la va a dañar toda, totalmente toda.

E14

imagínese que usted abriera la llave de su casa para bañarse y saliera el agua con petróleo o con tierra

E20

eso no va a pasar pana^

E14

ah uno no sabe, nada es imposible

Tomás | *eso jamás nos va a pasar a nosotros

Paulina | pero entonces no piensen en ustedes piense en sus hijos, en sus nietos.